



TESIS - RC 142501

# **ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN MITIGASI WASTE PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG DI KOTA SURABAYA**

**BRAMANTYA FIDIANSYAH PUTRA**  
**3114203006**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Ir. I PUTU ARTAMA WIGUNA, MT, Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER**  
**BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**



TESIS - RC 142501

# **ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN MITIGASI WASTE PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG DI KOTA SURABAYA**

**BRAMANTYA FIDIANSYAH PUTRA**  
**3114 2030 06**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.**

**PROGRAM MAGISTER**  
**BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**



TESIS - RC 142501

# **ANALYSIS OF WASTE CAUSE AND MITIGATION ON BUILDING CONSTRUCTION PROJECT IN SURABAYA**

**BRAMANTYA FIDIANSYAH PUTRA**  
**3114 2030 06**

**SUPERVISOR**  
**Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.**


**MAGISTER PROGRAMME**  
**CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**FACULTY OF CIVIL, ENVIRONMENT AND GEO ENGINEERING**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)**

**Disusun oleh:  
BRAMANTYA FIDIANSYAH PUTRA  
NRP. 3114203006**

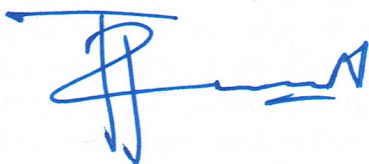
**Tanggal Ujian : Rabu, 25 Oktober 2017  
Periode Wisuda : Maret 2018**

**Disetujui oleh:**



**1. Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.  
NIP. 19691125 199903 1 001**

**(Pembimbing)**



**2. Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP : 19740420 200212 1 003**

**(Penguji)**



**3. M. Arif Rohman, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP : 19771208 200501 1 002**

**(Penguji)**

**Dekan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



**I.D.A.A. Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph. D.**

**NIP. 19750212 199903 2 001**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **Analisis Faktor Penyebab dan Mitigasi Waste pada Proyek Konstruksi Gedung di Kota Surabaya**

Nama Mahasiswa : Bramantya Fidiansyah Putra

NRP : 3114203006

Dosen Konsultasi : Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T, Ph.D

## **ABSTRAK**

Secara umum, waste dapat didefinisikan sebagai semua kegiatan yang membutuhkan biaya langsung atau tidak langsung dan menggunakan sumber daya fisik dan non-fisik, tetapi tidak menambah nilai atau kemajuan untuk produk. Waste yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat meliputi waste fisik maupun non-fisik. Banyak sekali faktor yang menjadi penyebab munculnya waste dalam suatu proyek konstruksi, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar yang memiliki laju pembangunan gedung yang cepat, sehingga pada saat ini terdapat banyak sekali proyek gedung bertingkat. Oleh sebab itu, kemungkinan terjadinya waste sangat besar karena pembangunan yang terus menerus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab waste terbesar pada proyek tersebut dan bagaimana mitigasinya.

Populasi penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya yang menghasilkan waste. Pengambilan sampel pada populasi dilakukan dengan teknik purposive sampling. Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data berupa kuisisioner dan wawancara mengenai faktor-faktor yang menyebabkan adanya waste pada 15 proyek konstruksi gedung. Data yang diambil dari responden adalah data probabilitas, dampak, dan mitigasi terhadap masing-masing faktor penyebab waste. Proses pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis*, *Monte Carlo*, *Expected Monetary Value*, dan *Decision Tree*. Hasil *expected monetary value* terbesar menunjukkan faktor tersebut merupakan faktor penyebab waste yang utama.

Hasil penelitian menunjukkan tiga penyebab waste terbesar berdasarkan nilai EMV adalah owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan, perencana yang kurang berkompeten, dan terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain. Sedangkan kategori penyebab waste yang terbesar adalah dari segi desain. Mitigasi yang dapat dilakukan untuk faktor penyebab owner melakukan perubahan desain adalah membuat perjanjian bersama antara kontraktor dan owner, dan mereview desain dan gambar struktur dengan rekayasa nilai. Sedangkan mitigasi untuk menghindari miskomunikasi dalam perencanaan desain dan kesalahan perencana adalah melakukan koordinasi rutin dengan perencana desain dan melakukan koordinasi dengan tim pengawas dan tim owner tentang shopdrawing dengan melihat kondisi aktual di lapangan.

Kata kunci : Waste, gedung, monte carlo, fault tree analysis, *expected monetary value*, *decision tree*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **Analysis of Waste Causes and Mitigation On Building Construction Project in Surabaya**

By : Bramantya Fidiansyah Putra  
Student Identity Number : 3114203006  
Supervisor : Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D

### **ABSTRACT**

Generally, the term of waste can be defined as activities that cost both directly or indirectly and use physical and non-physical resources, but it does not add value or progress for the product. Waste occurring in a construction project could be in physical or non-physical form. A lot of main factors cause the existence of waste in a construction project, which are internal factors and external factors. Surabaya is a big city having the high growth-rate of building construction, so there are many projects buildings now. The probability of waste existence can be high too, because of this non-stop building procces. This research aims to find the main cause of waste in the project and the influence of its mitigation.

The population of this research are building construction projects in Surabaya that generate waste. The sampling technique is purposive technique sampling. This study uses data collection techniques by questionnaires and interviews about the factors that cause waste in 15 building construction projects. The taken data are probilities, impact, and mitigation of waste cause variables. This research uses Fault Tree Analysis method, Monte Carlo, Expected Monetary Value and Decision Tree. This number of probability dan the impact of the factors are calculated to gain the expected monetary value. The greatest value of this number indicates the main waste factor.

The result of this research indicates three biggest cause of waste based on EMV value. They are owner making design change when construction have been running, less competent planners, and miscommunication happened in design planning. While, the largest category of waste causes is design category. Mitigation carried out for factor design change by owner is to make a joint agreement between the contractor and owner, and reviewing the structure design and drawing with value engineering. The mitigation for the factor of miscommunication in design planning and mistake by planner are to do regular coordination with the design planner and coordinate with the supervisor team and the team owner about shopdrawing by looking at the actual conditions in the project site.

**Keywords:** Waste, building, monte carlo, fault tree analysis, expected monetary value, decision tree



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *robbil alamin*, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul “*Analisis Faktor Penyebab dan Mitigasi Waste pada Proyek Konstruksi Gedung di Kota Surabaya*”. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pasca sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Tak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Budi dan Ibu Erlina sebagai orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa sepanjang hidup penulis,
2. Kakak Amelia, Adik Charisma, dan Adik Charisna, selaku saudara penulis yang selalu mendukung penulis dengan penuh suka cita riang gembira,
3. Bapak I Putu Artama Wiguna, dosen pembimbing yang selalu memberikan dukungan dan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini,
4. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, dan Bapak M. Arif Rohman, selaku dosen penguji ujian tesis yang telah memberikan masukan agar tesis ini dapat disusun dengan baik,
5. Akmalia Hardini, yang telah memberikan semangat dan doanya kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tesis,
6. Teman-teman Manajemen Proyek Konstruksi angkatan 2014 dan 2015 yang selalu memberikan inspirasi, semangat, dan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan studi pasca sarjana ini,
7. Rekan kerja di PT Jasa Marga (Persero) Tbk. dan PT Ngawi Kertosono Jaya, yang telah menginspirasi dan memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini,
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tesis ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Terimakasih atas segala bantuan yang telah diberikan, semoga mendapatkan balasan dari Allah SWT. Amin.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Definisi Material Waste .....	5
2.2 Material Waste pada Konstruksi Gedung .....	5
2.3 Faktor - Faktor Penyebab Waste .....	9
2.4 Mitigasi Terhadap Waste .....	13
2.5 Decision Support .....	14
2.5.1 Monte Carlo .....	14
2.5.2 Fault Tree Analysis .....	15
2.5.3 Decision Tree dan Expected Monetary Value .....	17
2.6 Penelitian Sebelumnya .....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Jenis Penelitian .....	25
3.2 Data Penelitian .....	25
3.2.1 Jenis Data .....	25
3.2.2 Metode Pengumpulan Data .....	25
3.3 Populasi, Sampel, dan Responden Penelitian .....	26

3.4	Variabel Penelitian .....	26
3.5	Alur Teknik Analisa Data.....	27
3.5.1.	Menyusun Fault Tree Analysis.....	27
3.5.2.	Mendapatkan Subjective Probability dari Expert Pada Setiap Faktor Penyebab Waste .....	28
3.5.3.	Menetapkan Bentuk Distribusi Data dengan Program Bantu.....	28
3.5.4.	Melakukan Simulasi Monte Carlo .....	28
3.5.5.	Expected Monetary Value .....	28
3.5.6.	Decision Tree.....	29
3.6.	Skema Proses Data .....	30
3.7.	Alur Penelitian.....	32
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1.	Identifikasi Faktor Penyebab Waste Proyek .....	35
4.1.1	Gambaran Obyek dan Responden Penelitian .....	35
4.1.2	Hasil Survei Pendahuluan .....	37
4.1.3	Fault Tree Analysis .....	39
4.2.	Identifikasi Faktor Penyebab Waste Terbesar.....	44
4.2.1	Gambaran Umum Responden Proyek .....	45
4.2.2	Probabilitas Kejadian berdasarkan Fault Tree.....	45
4.2.3	Probabilitas Pada Fault Tree Analysis.....	49
4.2.3	Hasil Dampak yang Diakibatkan secara Kualitatif dan Kuantitatif	51
4.2.4	Expected Monetary Value .....	55
4.3.	Mitigasi Faktor Penyebab Waste.....	58
4.3.1	Mitigasi Terhadap Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain Ketika Konstruksi Sudah Berjalan .....	58
4.3.2	Mitigasi Terhadap Faktor Miskomunikasi Dalam Perencanaan Desain .....	59
4.3.3	Mitigasi Terhadap Faktor Material Tidak Dilindungi Dengan Benar .....	61
4.4	Diskusi Hasil Penelitian.....	62
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	65
5.1.	Kesimpulan.....	65

5.2. Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	67
Lampiran 1 .....	71
Lampiran 2 .....	73
Lampiran 3 .....	79
Lampiran 4 .....	83
Lampiran 5 .....	89
Lampiran 6 .....	91
Lampiran 7 .....	93
Lampiran 8 .....	95
Lampiran 9 .....	101
Lampiran 10 .....	107
Biodata Penulis .....	111

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Keputusan (Cahyo, 2008).....	18
Gambar 3.1 Contoh Bagan Fault Tree Analysis .....	27
Gambar 3.2 Skema Proses Data Penelitian .....	30
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian .....	32
Gambar 4.1 Pohon Faktor Penyebab Waste pada Proyek.....	39
Gambar 4.2 Input Data untuk Best Fit Distribution .....	46
Gambar 4.3 Hasil Best Fit Distribution untuk Variabel C1 .....	47
Gambar 4.4 Pengaturan Simulasi Monte Carlo.....	47
Gambar 4.5 Hasil Output Monte Carlo untuk Variabel C1 .....	47
Gambar 4.6 Hasil Fit Distribution pada Data Dampak C1 sampai C4 .....	52
Gambar 4.7 Hasil Dampak Variabel C1 .....	53
Gambar 4.8 Bagan Final Fault Tree Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung.....	57
Gambar 4.9 Decision Tree untuk Mitigasi Faktor Perubahan Desain oleh Owner .....	59
Gambar 4.10 Decision Tree untuk Mitigasi Faktor Terjadi Miskomunikasi Dalam Perencanaan Desain.....	60
Gambar 4.11 Decision Tree untuk Mitigasi Faktor Material Tidak Dilindungi dengan Benar.....	61



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Simbol Fault Tree Analysis .....	16
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Terhadap Posisi Penulis .....	19
Tabel 2.3 Variabel Penyebab Material Waste Berdasarkan Literatur .....	22
Tabel 3.1 Variabel Penyebab Waste Pada Penelitian Ini .....	26
Tabel 3.2 Tabel Hasil Simulasi Probabilitas Variabel dengan Monte Carlo .....	28
Tabel 4.1 Profil Responden pada Survei Pendahuluan .....	37
Tabel 4.2 Survei Pendahuluan Faktor Penyebab Adanya Waste Proyek Gedung .....	38
Tabel 4.3 Algoritma MOCUS untuk mendapatkan minimal cut set .....	41
Tabel 4.4 Basic Event Penyebab Terjadinya Waste Pada Proyek .....	44
Tabel 4.5 Data Probabilitas untuk Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain .....	46
Tabel 4.6 Probabilitas Setiap Basic Event dalam Pohon Faktor .....	48
Tabel 4.7 Data Dampak oleh Responden untuk Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain Ketika Konstruksi Sudah Berjalan .....	52
Tabel 4.8 Dampak Kuantitatif Variabel Penyebab Waste .....	53
Tabel 4.9 Dampak Kualitatif Variabel Penyebab Waste .....	54
Tabel 4.10 Nilai Expected Monetary Value Dampak Penyebab Material Waste .....	55
Tabel 4.11 Expected Monetary Value pada Intermediate Event .....	57

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam pekerjaan sebuah proyek, dituntut adanya suatu perencanaan yang teliti di setiap aspek agar tidak terjadi sesuatu yang dapat menghambat berjalannya pekerjaan konstruksi tersebut. Biaya yang berlebih merupakan salah satu faktor resiko yang dihadapi pemangku pekerjaan. Biaya yang berlebih tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah terjadinya waste yang merupakan hasil suatu pekerjaan namun tidak menambah progres proyek secara keseluruhan.

Material dalam sebuah proyek konstruksi gedung sangat rentan terhadap pemborosan akibat kesalahan penanganan material, sehingga akan menjadikan material tersebut menjadi waste atau tidak terpakai. Menurut Jailoon dkk (2009), munculnya waste dalam proyek gedung sangat terkait dengan metode pelaksanaan konstruksi, adanya proses pemilahan dan penggunaan kembali fasilitas untuk waste konstruksi di lokasi proyek, dan tingkat pendidikan dan keahlian para pekerja.

Hal ini tentu sangat merugikan bagi perusahaan penyedia jasa konstruksi apabila material waste terhitung sangat banyak porsinya dari kewajaran. Selain itu, waste yang berbentuk non-fisik juga sering terjadi seperti adanya waktu yang terbuang yang diakibatkan oleh berbagai masalah di lapangan. Oleh sebab itu penulis menjadikan topik tersebut untuk dapat mengidentifikasi apa yang harus menjadi perhatian terhadap adanya potensi waste ini.

Dengan adanya potensi waste yang ada dan dapat menjadi berlebih, tentunya kontraktor juga harus menyiapkan langkah – langkah apa yang harus dilakukan agar potensi itu tidak berkembang menjadi suatu kejadian yang sebenarnya. Antisipasi ini merupakan suatu usaha mitigasi resiko yang terjadi dalam sebuah proyek. Dengan adanya langkah mitigasi resiko tersebut, diharapkan akan dapat mengendalikan besarnya waste yang terjadi sehingga sumber daya proyek yang dimiliki dapat diberdayakan dengan maksimal tanpa ada yang terbuang sia – sia.

Penelitian terdahulu mengungkapkan terdapat banyak faktor yang dapat menghasilkan waste di dalam sebuah proyek baik berupa waste berbentuk fisik maupun waste yang berbentuk non-fisik. Berbagai faktor tersebut berhubungan dengan desain, pekerja proyek, pengadaan proyek, pengawasan, hingga faktor eksternal seperti adanya perusakan oleh pihak luar dan juga faktor cuaca yang juga cukup menentukan berjalannya progres proyek.

Di Kota Surabaya, sebagai kota terbesar di Jawa Timur, terdapat banyak pembangunan proyek konstruksi. Salah satunya adalah konstruksi gedung baik berupa apartemen, pertokoan, maupun perkantoran. Dalam proyek tersebut tentunya tidak terlepas dari munculnya material waste. Menurut penelitian oleh Intan (2005) pada kasus ruko di Kota Surabaya, banyak material konstruksi yang menjadi potensi waste. Hal ini merupakan sesuatu yang harus diminimalisir oleh pihak kontraktor. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa volume material sisa terbesar adalah material batu bata dan pasir. Pemodelan biaya pada penelitian tersebut menunjukkan terdapat selisih yang cukup signifikan pada nilai minimum biaya sisa material (good waste management practice) dan nilai maksimum biaya sisa material (poor waste management practice) dari total anggaran biaya satu ruko, sehingga sebenarnya terdapat biaya penghematan yang potensial.

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan analisa T-Test (Jailoon dkk, 2009), regresi linear (Alwi dkk, 2002), dan tingkat frekuensi (Iriana, 2009). Metode – metode diatas memiliki keterbatasan karena mensyaratkan variabelnya harus terdistribusi normal dan memiliki varian yang sama. Selain itu, juga terdapat hubungan dependensi, artinya satu variabel merupakan variabel tergantung yang tergantung pada variabel lainnya. Di sisi lain metode monte carlo menawarkan bisa mengatasi keterbatasan metode – metode diatas karena data tidak harus terdistribusi normal dan tidak terdapat hubungan dependensial. Simulasi Monte Carlo dapat dipakai karena proyek memiliki sifat yang unik, artinya setiap proyek memiliki karakteristik yang tidak sama satu sama lain. Dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, prosentase probabilitas pada variabel penyebab adanya waste pada konstruksi dapat diketahui. Selain itu, simulasi Monte Carlo yang menghasilkan nilai probabilistik juga mendukung konsep Expected Monetary Value dimana salah satu komponennya adalah berupa peluang atau probabilitas terjadinya suatu peristiwa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya waste yang terjadi pada proyek konstruksi di Surabaya?
2. Bagaimana penanganan atau mitigasi untuk mengurangi waste proyek tersebut?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya waste material yang terjadi pada proyek konstruksi di Surabaya.
2. Menganalisis bentuk mitigasi yang dilakukan untuk mengurangi waste.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi manajer proyek dalam mengelola manajemen proyek yang sedang dikerjakan untuk meminimalisir terjadinya waste. Selain itu, penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi penelitian - penelitian selanjutnya terutama yang akan membahas proyek di kota Surabaya.

## **1.5 Batasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut :

1. Waste yang dibahas dalam penelitian ini adalah waste yang terdapat pada proyek konstruksi gedung.
2. Penelitian ini membahas material waste yang terjadi pada fase konstruksi.
3. Penelitian dilakukan pada beberapa proyek konstruksi gedung yang berada di kota Surabaya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Beberapa hal yang dibahas dalam sistematika penulisan pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

**BAB 1 PENDAHULUAN**, berisi tentang latar belakang dari dilakukannya penelitian tentang faktor penyebab waste pada proyek konstruksi di Kota Surabaya. Selain itu pada bab ini dikemukakan perumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini serta tujuan dari dilakukannya penelitian ini. Selain itu, manfaat serta batasan dari penelitian juga diuraikan pada bab ini.

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**, berisi teori-teori pendukung yang menjadi landasan dari penyusunan penelitian ini. Pada bab ini dijelaskan teori dasar konsep waste, metode yang digunakan dalam penelitian ini, dan juga bagaimana penelitian yang sebelumnya dilakukan yang mendukung penelitian ini.

**BAB 3 METODOLOGI**, membahas metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini, mulai dari jenis data penelitian, metode dalam mengumpulkan data penelitian, sampai alur untuk menganalisa data hingga didapatkan suatu kesimpulan.

**BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN**, berisi tentang analisa dari data yang telah didapatkan dengan menggunakan metodologi yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya sehingga didapatkan faktor waste terbesar yang menghasilkan material waste. Selanjutnya juga dibahas bagaimana bentuk dari mitigasi terhadap faktor penyebab waste tersebut.

**BAB 5 KESIMPULAN**, berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa data yaitu faktor penyebab waste terbesar dan bagaimana bentuk mitigasinya. Juga dikemukakan saran bagi penelitian yang berhubungan atau dengan penelitian mengenai hal yang serupa.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Material Waste**

Menurut Franklin (1998), material waste dalam suatu proyek konstruksi merupakan material yang tidak digunakan, sebagai hasil dari proses konstruksi, perbaikan, atau perubahan. Waste berupa material ini juga didefinisikan sebagai barang yang muncul sebagai hasil produksi dari proses maupun suatu ketidaksengajaan yang tidak dapat langsung dipergunakan kembali tanpa adanya suatu perlakuan lagi. Definisi lain dari waste berbentuk material adalah sesuatu sumber daya material yang jumlahnya berlebih atau telah digunakan, termasuk yang dapat digunakan kembali, dapat didaur ulang, dapat dikembalikan ke supplier, atau dipindahtangankan ke tempat yang dapat digunakan kembali oleh orang lain.

Menurut Illingworth (1998), sisa material konstruksi didefinisikan sebagai sesuatu yang sifatnya berlebih dari yang disyaratkan baik itu berupa hasil pekerjaan maupun material konstruksi yang tersisa, tercecer, ataupun rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi sesuai fungsinya. Material merupakan salah satu komponen penting yang memiliki pengaruh cukup erat dengan biaya suatu proyek, maka dengan adanya sisa material konstruksi yang cukup besar dapat dipastikan terjadi pembengkakan pada sektor pembiayaan.

#### **2.2 Material Waste pada Konstruksi Gedung**

Dalam pelaksanaannya, konstruksi membutuhkan sumber daya, antara lain sumber daya tenaga kerja, material, alat dan uang. Sumber daya tersebut perlu dikelola penggunaannya agar mencapai efisiensi yang tinggi dalam rangka mencapai sasaran tertentu. Tujuan dari pengelolaan sumber daya adalah dalam rangka menekan/ mengendalikan biaya proyek, yang pada intinya adalah pengendalian produktivitas dari sumber daya alat, tenaga dan pengendalian tingkat waste bagi material, serta pengendalian cost of money dari sumber daya uang.

Sebuah penelitian mengemukakan bahwa, komponen dalam sebuah proyek yang menghasilkan waste paling besar adalah (sesuai urutan) :



- a. Formwork atau bekisting
- b. Pengepakan dan pengamanan
- c. Pekerjaan finishing
- d. Pekerjaan batuan
- e. Scaffolding
- f. Pekerjaan beton
- g. Penanganan material
- h. Penyimpanan material

Hal ini menunjukkan bahwa munculnya waste dalam proyek gedung sangat terkait dengan metode pelaksanaan konstruksi, adanya proses pemilahan dan penggunaan kembali fasilitas untuk waste konstruksi di lokasi proyek, dan tingkat pendidikan dan keahlian para pekerja. (Jailoon dkk, 2009)

Graham dan Smithers (1996), mengatakan bahwa waste pada konstruksi dapat terjadi pada setiap fase proyek berlangsung :

- a. Desain (kesalahan rencana, kesalahan detail dan perubahan desain).
- b. Pengadaan (kesalahan pengiriman dan kesalahan pemesanan).
- c. Penanganan material (penyimpanan yang tidak benar, kerusakan dan penanganan yang tidak tepat).
- d. Operasi (kesalahan manusia, pergantian orang, tenaga kerja, kesalahan peralatan, kecelakaan dan cuaca).
- e. Residu (sisa dan unreclaimable non-consumables), dan
- f. Lainnya (pencurian, pengacau dan tindakan klien).

Seiring dengan perkembangan ekonomi, ada peningkatan volume kegiatan konstruksi dan pembongkaran. Jumlah konstruksi yang dihasilkan meningkat dan pembongkaran waste menyebabkan masalah serius baik lokal dan global.

Menurut Nagapan dkk (2012), waste konstruksi adalah sesuatu yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dalam industri konstruksi yang tidak memiliki nilai. Waste konstruksi dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan wujudnya, yaitu :

#### 1. Waste Fisik

Waste konstruksi yang berbentuk fisik didefinisikan sebagai material yang berasal dari aktivitas konstruksi, ekskavasi, renovasi, pembongkaran seperti

puing – puing beton, pecahan batu bata, besi tulangan, kayu, material plastik, serta kerikil dan pasir.

## 2. Waste Non-fisik

Pada saat yang sama, waste juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang tidak menghasilkan nilai tambah. Jenis waste ini merupakan kegiatan pekerja yang menghabiskan sumber daya tetapi tidak menghasilkan nilai seperti kesalahan yang memerlukan pembetulan, proses yang sebetulnya tidak dibutuhkan, pergerakan manusia yang tidak penting, adanya penundaan pekerjaan akibat pekerjaan sebelumnya belum terselesaikan.

Keberadaan sisa material konstruksi terus terjadi sejalan dengan proses pembangunan yang dilaksanakan. Jenis sisa material dapat dikategorikan menjadi dua bagian menurut Tchobanoglous dkk, (1993):

1. Demolition waste adalah sisa material yang timbul dari hasil pembongkaran proses renovasi atau penghancuran bangunan lama.
2. Construction waste adalah sisa material konstruksi yang berasal dari proses pembangunan atau renovasi bangunan. Sisa material tersebut tidak dapat dipakai lagi sesuai dengan fungsi semula. Sisa material ini bisa terdiri dari beton, batu bata, plesteran, kayu, pipa dan lain-lain.

Construction waste dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya menurut Skoyles, (1976) yaitu:

1. Direct waste adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak, hilang dan tidak dapat digunakan lagi. Beberapa contoh dari direct waste ini antara lain :
  - a. Transport and delivery waste (sisa transportasi dan pengiriman)

Semua sisa material yang terjadi pada saat melakukan transport material di dalam lokasi pekerjaan, termasuk pembongkaran dan penempatan pada tempat penyimpanan seperti membuang / melempar semen, keramik pada saat dipindahkan.
  - b. Site storage waste (sisa penyimpanan)

Sisa material yang terjadi karena penumpukan/penyimpanan material pada tempat yang tidak aman terutama untuk material pasir dan batu pecah. atau pada tempat dalam kondisi yang lembab terutama untuk material semen.
  - c. Conversion waste (sisa perubahan bentuk)

Sisa material yang terjadi karena pemotongan bahan dengan bentuk yang tidak ekonomis seperti material besi beton, keramik, dsb.

d. Fixing waste (sisa pemasangan)

Material yang tercecer, rusak atau terbuang selama pemakaian di lapangan seperti pasir, semen, batu bata, dsb.

e. Cutting waste (sisa pemotongan)

Sisa material yang dihasilkan karena pemotongan bahan seperti, tiang pancang, besi beton, batu bata, keramik, dsb.

f. Application and residu waste

Sisa material yang terjadi seperti mortar yang jatuh/tercecer pada saat pelaksanaan atau mortar yang tertinggal dan telah mengeras pada akhir pekerjaan.

g. Criminal waste (sisa akibat tindakan kriminal)

Sisa material yang terjadi karena pencurian atau tindakan perusakan di lokasi proyek.

h. Wrong use waste (sisa kesalahan penggunaan)

Pemakaian tipe atau kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak, maka pihak direksi akan memerintah kontraktor untuk menggantikan material tersebut yang sesuai dengan kontrak, sehingga menyebabkan terjadinya sisa material di lapangan.

i. Management waste (sisa kesalahan management)

Terjadinya sisa material disebabkan karena pengambilan keputusan yang salah atau keragu-raguan dalam mengambil keputusan, hal ini terjadi karena organisasi proyek yang lemah, atau kurangnya pengawasan.

2. Indirect waste adalah sisa material yang terjadi di proyek karena volume pemakaian volume melebihi volume yang direncanakan, sehingga tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan dan mempengaruhi biaya secara tersembunyi (hidden cost). Indirect waste dapat dibagi menjadi :

a. Substitution waste (sisa hasil pergantian)

Sisa material yang terjadi karena penggunaannya menyimpang dari tujuan semula, sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan biaya yang dapat disebabkan karena tiga alasan;

- a. Terlalu banyak material yang dibeli
- b. Material yang rusak
- c. Makin bertambahnya kebutuhan material tertentu

b. Production waste (sisa hasil produksi)

Sisa material yang disebabkan karena pemakaian material yang berlebihan dan kontraktor tidak berhak mengklaim atas kelebihan volume tersebut karena dasar pembayaran berdasarkan volume kontrak, contoh pemasangan dinding bata tidak rata menyebabkan pemakaian mortar berlebihan karena plesteran menjadi tebal.

c. Negligence waste (sisa karena kelalaian)

Sisa material yang terjadi karena kesalahan di lokasi (site error), sehingga kontraktor menggunakan material lebih dari yang ditentukan, misalnya: penggalian pondasi yang terlalu lebar atau dalam yang disebabkan kesalahan/kecerobohan pekerja, sehingga mengakibatkan kelebihan pemakaian volume beton pada waktu pengecoran pondasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Foo dkk (2013) dalam tiga bulan penelitian pada lokasi proyek menemukan bahwa terdapat lima jenis waste fisik terbesar yang terjadi pada proyek tersebut, kelima jenis waste itu adalah sampah beton, puing-puing beton disebabkan oleh penanganan beton yang tidak tepat. Selanjutnya adalah sampah kayu, yang berasal dari cetakan atau begisting. Sampah baja, disebabkan oleh kesalahan ketika melakukan pemotongan baja tulangan. Sampah batu bata, disebabkan oleh masalah dalam penanganan material bata saat konstruksi, dan sampah kemasan, yang dihasilkan saat proses pengiriman material.

### **2.3 Faktor - Faktor Penyebab Waste**

Sebuah studi terdahulu menemukan bahwa penyebab utama dari adanya waste saat fase desain adalah perubahan pada menit – menit akhir tentang kebutuhan klien sehingga desain yang sudah ada harus diperbaiki. Sedangkan penyebab yang utama adanya waste pada fase konstruksi adalah tentang pemotongan material. Bentuk potongan material dimana mengikuti desain yang sudah ada dapat menghasilkan sisa potongan yang tentunya tidak dapat dipergunakan kembali. (Poon dan Jaillon, 2002; Poon dkk., 2004; Osmani dkk.,

2006). Adanya teknik fabrikasi tentunya dapat menjadi pilihan pada saat menjalani proses desain sekaligus dapat menghasilkan reduksi yang signifikan pada aktivitas pekerjaan sehingga dapat menghemat waktu. Lawton dkk. (2002) memperkirakan tingkat reduksi sebesar 70% dalam pembetonan in-situ dengan menggunakan prefabrikasi. Pekerjaan finishing juga dapat berkurang sampai ke angka 70%.

Menurut Nagapan, dkk (2012), penyebab waste konstruksi dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu :

a. Desain

Perubahan desain yang sering merupakan penyebab utama munculnya waste. Waste berbentuk fisik muncul ketika klien menghendaki perubahan pada saat hampir mendekati penyelesaian akhir proyek. Akibat dari perubahan tersebut yang mengakomodasi kebutuhan yang mendadak dari klien, maka pekerjaan ulang akan dilakukan. Hal ini dapat menyebabkan penghancuran struktur harus dilakukan agar dapat memenuhi kebutuhan dari drawing yang baru. Hal ini tentu akan memakan waktu untuk membangun struktur kembali.

b. Handling atau Pemeliharaan

Kesalahan penanganan atau pemeliharaan material akan menimbulkan waste. Sebagai contoh adalah penanganan yang kasar dari batu bata selama konstruksi dapat menyebabkan batu bata menjadi retak dan cacat. Selain itu, penyimpanan yang salah juga akan menimbulkan waste. Sebagai contoh semen akan rusak jika disimpan pada tempat yang salah yaitu diletakkan di ruang terbuka terkena hujan maupun kelembaban. Pemesanan kembali akan berdampak pada waktu karena harus menunggu kedatangan material yang baru.

c. Pekerja

Kesalahan pekerja selama konstruksi juga menimbulkan waste. Sifat – sifat seperti terlalu lamban dalam bekerja, kurangnya kepedulian, serta pemakaian peralatan yang tidak normal dapat menimbulkan kesalahan pekerjaan. Pekerja yang tidak terampil cenderung membuat lebih banyak kesalahan karena dia tidak dibekali keterampilan yang cukup dan etos kerja yang buruk. Pada saat yang sama apabila terjadi kesalahan maka harus dilakukan pekerjaan ulang. Hal ini akan membuat durasi pekerjaan menjadi bertambah.

d. Manajemen

Perencanaan yang buruk dan pengontrolan yang kurang baik mewakili kategori manajemen dalam penyebab munculnya waste. Perencanaan yang buruk dapat dikarenakan skill perencanaan staf manajemen yang kurang baik. Tanpa detail perencanaan dalam proses konstruksi, kebutuhan dan fasilitas penyimpanan material dapat menghasilkan waste fisik. Contohnya, pada saat tahap perencanaan, kebutuhan suplai material dan spesifikasi proyek yang baik dapat mengurangi waste. Pengontrolan yang buruk juga berkontribusi terhadap adanya waste. Contohnya apabila ada material bata datang dan terjadi kesalahan dalam bongkar muatan material bata tersebut, tanpa adanya proses pengontrolan yang baik, maka akan ada bata yang retak atau patah.

e. Kondisi site

Waste yang muncul dapat berbentuk potongan baja, bekisting yang sudah terpakai, dan bata yang rusak dapat tercecer di site. Hal ini biasanya terjadi pada saat tahap akhir proyek. Sifat pekerja dan pengawas yang kurang baik akan menyebabkan hal ini terjadi. Contoh kondisi site yang buruk pada proyek jalan adalah kondisi permukaan tanah yang berbukit atau berawa. Kondisi permukaan yang jelek akan menyebabkan peralatan menjadi rusak dan tentunya akan mengakibatkan terjadinya penundaan aktivitas proyek.

f. Pengadaan

Contoh waste yang muncul dalam hal pemesanan material dalam proyek konstruksi adalah pemesanan batu bata yang berlebih dan ready mix beton yang pada akhirnya akan terbuang sia - sia. Terkadang pemesanan material yang asal – asalan dan tidak mendetail juga menyebabkan waste secara fisik. Pemesanan yang salah akan menyebabkan tertundanya pekerjaan akibat material yang datang tidak dapat dipakai.

g. Faktor Eksternal

Pengaruh dari cuaca menjadi faktor yang dominan dan berpengaruh dalam waste konstruksi. Hujan yang sangat deras dengan diiringi badai akan mengacaukan material konstruksi yang ada di site, seperti patahnya bekisting, mix beton akan menjadi encer, dan tulangan baja menjadi berkarat. Cuaca juga dapat menjadi

penyebab adanya delay aktivitas konstruksi. Pekerjaan pengecoran dan penggalian tidak dapat dilakukan dibawah hujan lebat dan badai.

Menurut Asiyanto (2005), waste konstruksi dapat terjadi karena bermacam-macam sebab yaitu:

1. Penyusutan quantity

Penyusutan quantity dapat terjadi pada saat transportasi ke site dan pada saat pembongkaran material untuk ditempatkan pada gudang atau lokasi penumpukan. Penyusutan quantity juga dapat terjadi pada proses pemindahan material dari satu tempat ke tempat lain dalam lokasi proyek, terutama untuk material lepas seperti pasir dan kerikil.

2. Quantity yang ditolak

Penerimaan material yang kurang teliti di-site dapat mengakibatkan ditolaknya sebagian material yang tidak memenuhi persyaratan mutu, bentuk, warna dan lain-lain.

3. Quantity yang rusak

Penyimpanan material yang kurang baik dapat menyebabkan kerusakan, khususnya untuk material yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (temperature, kelembaban udara, tekanan, dan lain-lain). Kerusakan material juga dapat terjadi karena kegiatan pengambilan, pengangkutan, pengangkatan dan pemasangan yang kurang baik.

4. Quantity yang hilang

Material-material yang mudah dijual dipasaran atau banyak diperlukan oleh masyarakat (seperti semen dan lain-lain) rawan hilang akibat pencurian. Sistem pengamanan yang lemah dengan sistem kontrol yang lemah akan memperbesar kemungkinan hilangnya material-material tersebut. Material fiktif (quantity ada tapi fisik materialnya tidak ada), termasuk dalam kelompok quantity hilang.

5. Quantity akibat kelebihan penggunaan

Waste jenis ini biasanya dilakukan oleh para pelaksana yang menggunakan material secara langsung, waste ini juga dapat disebabkan oleh over method, over quality atau ketidaktelitian tentang ukuran/ dimensi, sehingga dimensi

pekerjaan yang terjadi lebih besar dari gambar. Kelebihan penggunaan material juga dapat disebabkan oleh metode yang kurang efisien dan juga akibat pekerjaan ulang yang terjadi.

## **2.4 Mitigasi Terhadap Waste**

Waste pada proyek konstruksi memiliki dampak tersendiri di setiap proses pembangunan sebuah konstruksi (Begum dkk, 2009). Dampak yang diakibatkan waste berpengaruh terhadap lingkungan pada saat ini maupun pada saat yang akan datang. Oleh sebab itu diperlukan usaha-usaha untuk meminimalisir terjadinya waste, meskipun waste pasti akan terjadi, namun setidaknya dapat diminimalisir.

Penyimpanan sumber daya dan penurunan waste merupakan hal yang semakin lama semakin harus diperhatikan dalam sektor konstruksi yang berkelanjutan. Meminimalisasi waste memiliki arti menghindari, mengeliminasi atau memperkecil waste pada sumber penyebabnya, atau menggunakan / mendaur ulang waste untuk tujuan yang bermanfaat dan aman (Guthrie dan Mallet, 1995). Upaya menurunkan waste pada sumbernya dalam sebuah konstruksi gedung melibatkan baik konsep desain maupun teknologi serta pemilihan material (Poon dan Jaillon, 2002). Prefabrikasi telah ditetapkan sebagai sebuah solusi untuk mengurangi kemunculan waste pada tahapan desain dan konstruksi. Prefabrikasi adalah sebuah proses yang dilakukan oleh suatu unit yang biasanya terletak di tempat tertentu dimana berbagai macam material diolah dan digabungkan menjadi satu untuk membentuk komponen yang selanjutnya akan dipasang. (Tatum dkk.,1986; CIRIA, 1999).

Pada penelitian yang lain didapatkan bahwa pengurangan waste dan perbaikan quality control merupakan keuntungan utama ketika menggunakan precast dibandingkan dengan konstruksi in-situ yang tradisional. Selain itu, pra-fabrikasi juga berkontribusi dalam mewujudkan lingkungan kerja yang lebih rapi, bersih, dan lebih aman jika dibandingkan dengan konstruksi konvensional karena pada kenyataannya, elemen – elemen atau bagian yang dibuat secara fabrikasi menghasilkan kualitas kontrol yang lebih baik dibandingkan dengan elemen yang dibuat secara langsung di proyek. Sebagian besar penyebab waste yang awalnya berada di wilayah lokasi proyek, dapat dialihkan ke lokasi luar proyek sehingga



mengurangi waste di lokasi dan mudah untuk menggunakan kembali dan mendaur ulang waste yang muncul pada *plant* pembuatan komponen. Selain itu, keuntungan lainnya adalah lebih ramah terhadap lingkungan dan keamanan lokasi proyek, dan pengurangan terhadap waktu konstruksi dan kebutuhan pekerja kasar di lokasi proyek. (Jailoon dkk, 2009)

Seperti yang sudah dibahas diatas bahwa waste tidak hanya berupa material namun juga waktu dimana waktu adalah sumber daya yang sangat penting bagi sebuah pelaksana proyek. Sebuah penelitian menunjukkan beberapa upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk menangani waste non-fisik tersebut. Bentuk mitigasi disesuaikan dengan bentuk penyebab dan kondisi proyek. Bentuk dari mitigasi pada penelitian Abdul-Rahman (2006), yaitu dengan meningkatkan produktivitas dengan bekerja lembur atau menerapkan shift pekerjaan. Dengan menambah jam pekerjaan maka akan menyimpan cadangan waktu apabila di waktu mendatang terdapat sesuatu hal yang menyebabkan terjadinya delay. Selain itu, bentuk mitigasi lain adalah dengan menyerahkan pekerjaan pada sub-kontraktor. Pemberian tugas pada sub-kontraktor dapat menjadi solusi karena biasanya sub-kontraktor memiliki sumber daya dan metode pelaksanaan yang tidak dimiliki oleh kontraktor. Responden lain mengatakan bahwa penggantian metode konstruksi atau dengan menggunakan teknologi yang berbeda juga sebagai bentuk mitigasi. Dengan menggunakan metode konstruksi campuran akan memangkas biaya, menghemat waktu, dan meningkatkan kualitas bangunan seperti penggunaan cast in-situ untuk bagian utama, pre-cast untuk bagian arsitektural, dan menggunakan metode konvensional untuk bagian yang kecil.

## **2.5 Decision Support**

### **2.5.1 Monte Carlo**

Monte Carlo merupakan sebuah pemodelan dengan teknik sampling yang bersifat statistikal yang biasanya bertujuan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah yang bersifat kuantitatif (Monte Carlo Method, 2008 dalam Adnan, 2008). Metode Monte Carlo mensimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau,

dengan cara memilih sebuah nilai random untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya. Angka random biasanya menggunakan simulasi multiplicative congruential method dengan alasan kepraktisan untuk menghasilkan angka random antara 0 dan 1.

Metode Monte Carlo dapat memprediksi kesalahan (error) pada simulasi, dimana kesalahan tersebut proporsional terhadap jumlah iterasinya. Total error dihitung dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{3\sigma}{\sqrt{N}}$$

dimana :

$\varepsilon$  = error yang terjadi

$\sigma$  = standar deviasi dari variabel random

N = jumlah iterasi

Dari rumus tersebut dapat dicari berapa iterasi yang dibutuhkan untuk setiap tingkat kesalahan yang diinginkan.

Dalam praktiknya, metode ini belum banyak digunakan oleh para manajer proyek kecuali organisasi atau perusahaannya memberikan tugas demikian. Alasan utama metode ini kurang populer antara lain adalah kurangnya pemahaman manajer proyek tentang metode Monte Carlo dan statistik. (Ingall, 2007)

Simulasi Monte Carlo ini dapat dilakukan dengan software khusus seperti Crystal Ball atau dengan add-in Monte Carlo yaitu @RISK for Project yang dapat dipasang di program Microsoft Office Excel. Selain itu, Microsoft Office Excel sejatinya dapat melakukan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan rumus sederhana yang sudah ada yaitu dengan fungsi Random atau RAND. Selain dengan menggunakan Add-in Microsoft Excel, juga terdapat software tersendiri untuk melakukan simulasi Monte Carlo, seperti Companion.



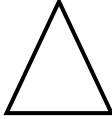
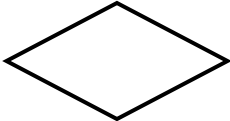
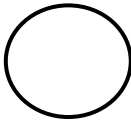
### **2.5.2 Fault Tree Analysis**

Fault Tree Analysis adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (Top Event) kemudian merinci

sebab-sebab suatu Top Event sampai pada suatu kegagalan dasar (root cause). Fault Tree Analysis merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena dalam memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan akan timbul, tidak berasal pada satu titik kegagalan.

Fault Tree Analysis mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika ini berupa fungsi AND atau OR. Gerbang logika AND menunjukkan bahwa semua kejadian dasar harus terjadi sebagai syarat terjadinya kejadian di tingkatan atasnya. Gerbang logika OR menunjukkan bahwa apabila salah satu saja kejadian dasar terjadi, maka kejadian satu tingkat di atasnya pasti terjadi. (Danaher, 2000)

Tabel 2.1 Tabel Simbol Fault Tree Analysis

Istilah	Keterangan	Simbol
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan	
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR	
<i>Transferred Event</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.	
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar ( <i>Basic Event</i> ) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.	
<i>Basic Event</i>	Kejadian dasar yang berada pada level paling bawah sebagai penyebab dasar yang memiliki informasi sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.	

Sumber : International Electrotechnical Commission (2006)

Dalam perhitungan probabilitas pada fault tree, berlaku rumus berikut untuk melakukan perhitungan dengan pendekatan numerik yang bersifat *bottom-up approach*. Pendekatan numerik ini berawal dari level hirarki yang paling rendah dan mengkombinasikan semua probabilitas dari event yang ada pada level ini sesuai dengan *logic gate*-nya. Kombinasi probabilitas ini akan memberikan nilai probabilitas untuk intermediate event pada level hirarki yang lebih tinggi.

Perhitungan fungsi AND dengan dua kejadian majemuk berlaku rumus (Sudaryono,2012) :

$$P(A \cap B) = P(A).P(B)$$

Untuk fungsi AND dengan tiga kejadian majemuk digunakan rumus :

$$P(A \cap B \cap C) = P(A).P(B).P(C)$$

Untuk fungsi OR dengan dua kejadian majemuk berlaku rumus :

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A).P(B)$$

$$P(A \cup B) = 1 - (1 - P(A)).(1 - P(B))$$

Untuk fungsi OR dengan tiga kejadian majemuk berlaku rumus :

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(A \cap C) - P(B \cap C) + P(A \cap B \cap C)$$

Dengan :

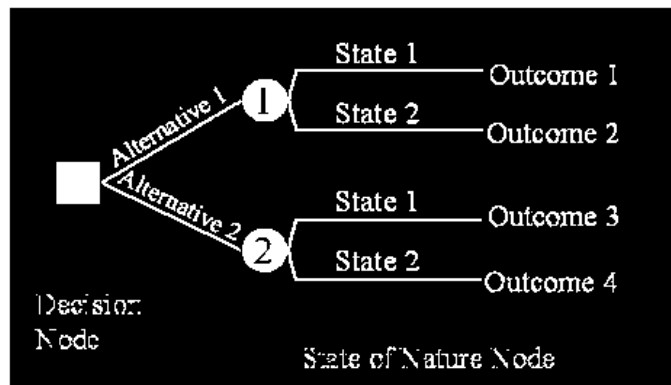
$P(A)$  = peluang kejadian A

$P(B)$  = peluang kejadian B

$P(C)$  = peluang kejadian C

### 2.5.3 Decision Tree dan Expected Monetary Value

Diagram Keputusan adalah sebuah grafik yang menggambarkan proses pengambilan keputusan yang mengandung solusi alternatif, state of nature dan probabilitasnya serta outcome dari masing-masing alternatif (Heizer, 2001). Secara sederhana, Diagram Keputusan dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.1 Diagram Keputusan (Cahyo, 2008)

Expected monetary value didapat sebagai hasil dari event tree analysis yang sudah dihitung probabilitasnya dan nilai dampaknya. Hasil perkalian itu dapat disebut sebagai Expected Risk Magnitude, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.

EMV juga dapat digunakan pada diagram keputusan sebagai pertimbangan untuk memilih suatu alternatif. Pada prinsipnya, EMV pada diagram keputusan dan event tree analysis sama perhitungannya.

Persamaan untuk menghitung EMV adalah sebagai berikut:

$$EMV(A_i) = \sum_{i=1}^N V_i \times P(V_i) \quad (2.2)$$

dengan:

$A_i$ : Alternatif  $i$

$N$ : jumlah state of Nature

$V_i$ : Nilai Payoff (outcome)

$P(V_i)$ : Probabilitas payoff.

## 2.6 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Terhadap Posisi Penulis

Sumber	Identifikasi	Hasil	Teknik Analisa Data
Non-Value Adding Activities in Australian Construction Project (Alwi, dkk, 2002)	Mengidentifikasi aktivitas yang tidak menghasilkan value dan penyebabnya.	Variabel penyebab : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentasi proyek yang buruk</li> <li>• Cuaca</li> <li>• Gambar proyek tidak lengkap</li> <li>• Desain buruk</li> <li>• Perubahan desain</li> <li>• Revisi gambar yang lambat</li> <li>• Spesifikasi tidak jelas</li> </ul>	T-Test, Regresi Linear
Quantifying The Waste Reduction Potential of Using Prefabrication in Building Construction in Hong Kong. (Jailoon, dkk, 2009)	Meneliti penggunaan prefabrikasi dan pengaruhnya terhadap pengurangan waste di Hongkong.	Penggunaan prefabrikasi sangat menguntungkan jika dibandingkan dengan konvensional dan mengurangi adanya waste sekitar 52%	T-Test
Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste. (Nagapan, dkk, 2012)	Mengidentifikasi dan mendeteksi faktor yang berkontribusi terhadap adanya waste konstruksi.	Terdapat 81 faktor yang berpengaruh, terbagi dalam beberapa kategori: desain, penanganan, pekerja, manajemen, kondisi lokasi proyek, pengadaan, dan faktor eksternal.	Analisa Faktor
Evaluation Of Causes Of Construction Material Waste - Case Of Rivers State, Nigeria. (Adewuyi dan Otali, 2013)	Mengevaluasi penyebab konstruksi waste pada bangunan di Nigeria.	Terdapat tiga faktor utama penyebab waste yaitu rework akibat masalah gambar dan spesifikasi, perubahan desain dan revisi, serta waste karena bentuk yang tidak ekonomis.	Mean Score Method, Ranking Method, Mann-Whitney U Test

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Terhadap Posisi Penulis (lanjutan)

Sumber	Identifikasi	Hasil	Teknik Analisa Data
Evaluation Of Causes Of Construction Material Waste - Case Of Rivers State, Nigeria. (Adewuyi dan Otali, 2013)	Mengevaluasi penyebab konstruksi waste pada bangunan di Nigeria.	Terdapat tiga faktor utama penyebab waste yaitu rework akibat masalah gambar dan spesifikasi, perubahan desain dan revisi, serta waste karena bentuk yang tidak ekonomis.	Mean Score Method, Ranking Method, Mann-Whitney U Test
Analisis Penanganan Material Waste Pada Proyek Perumahan Di Surabaya. (Iriana, 2009)	Menganalisa penyebab terjadinya waste material pada proyek perumahan di Kota Surabaya dan penanganannya.	Penyebab utama terjadinya waste disebabkan oleh kesalahan pekerja sehingga banyak material seperti kayu, bes, cat, dan genteng yang bersisa	Analisis Frekuensi, Analisis Mean
Analisa Faktor Penyebab Waste dan Pengaruh Mitigasinya pada Proyek Konstruksi Gedung	Menganalisa faktor penyebab waste pada proyek konstruksi gedung dan melihat bentuk efektivitas mitigasinya	Penyebab waste yang terjadi di proyek gedung di Kota Surabaya serta sejauh mana mitigasinya berpengaruh.	Fault Tree Analysis, Monte Carlo, Expected Monetary Value, Decision Tree

Sumber : Hasil Olahan (2016)

Penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa terdapat banyak faktor penyebab waste pada proyek konstruksi gedung.

Penelitian oleh Alwi dkk (2002) merupakan bagian dari suatu penelitian besar yang bertujuan untuk mengetahui adanya pekerjaan – pekerjaan yang tidak memiliki nilai tambah oleh pihak – pihak yang terlibat dalam kontrak proyek di Australia. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan menggunakan media survei kuesioner untuk pengumpulan data dengan 53 variabel yang terkait dengan pekerjaan non-value. Variabel tersebut kemudian terbagi menjadi dua yaitu : *waste variables* dan *waste causes variables*. *Waste variables* merupakan hal-hal yang menyebabkan penurunan pada produktivitas pekerjaan konstruksi. Sedangkan *waste causes variables* didefinisikan sebagai faktor yang menghasilkan waste. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tujuh hal yang dianggap sebagai *waste*

*causes variables* yaitu : dokumentasi proyek yang buruk, cuaca, gambar proyek tidak lengkap, desain buruk, perubahan desain, revisi gambar yang lambat, spesifikasi tidak jelas.

Penelitian oleh Jailoon dkk (2009) mempelajari tentang penggunaan material prefabrikasi pada pembangunan konstruksi di Hong Kong. Peneliti menggunakan survei yang ditujukan kepada para profesional berpengalaman. Metode yang digunakan adalah metode T-Test. Hasil yang diperoleh peneliti adalah penggunaan material prefabrikasi memberikan suatu efek positif berupa penurunan waste jika dibandingkan dengan konstruksi konvensional tanpa prefabrikasi. Tingkat penurunan waste dengan menggunakan prefabrikasi yakni sekitar 52%. Hal ini berarti semakin banyaknya penggunaan prefabrikasi semakin dapat mengurangi jumlah waste yang terjadi di Hong Kong dan dapat meringankan beban dalam manajemen. Penggunaan prefabrikasi ini dapat digolongkan sebagai salah satu respons mitigasi terhadap waste.

Variabel penyebab waste juga dikaji oleh Nagapan dkk (2012) dan Adewuyi dan Oтали (2013). Penelitian Nagapan mengidentifikasi faktor yang menyebabkan waste dengan menggunakan metode mapping dan interview. Beliau mendapatkan terdapat total 81 faktor yang menyebabkan waste dimana 63 merupakan faktor waste fisik dan 73 faktor merupakan penyebab waste non-fisik. Kemudian, faktor tersebut dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu desain, penanganan, pekerja, manajemen, kondisi lokasi proyek, pengadaan, dan faktor eksternal. Adewuyi mengevaluasi penyebab waste konstruksi pada gedung di Nigeria. Data dikumpulkan dengan menggunakan survei kuesioner dan studi literatur. Data tersebut diolah dengan menggunakan Mean Score Method, Ranking Method, dan Mann-Whitney U-Test. Dari 74 faktor yang didapatkan, tiga faktor teratas pada hasil pengolahan data adalah rework akibat masalah gambar dan spesifikasi, perubahan desain dan revisi, serta waste karena bentuk yang tidak ekonomis.

Iriana (2009) dalam penelitiannya membahas tentang material waste yang ada pada perumahan di Kota Surabaya. Waste yang paling banyak dihasilkan sesuai urutan adalah material keramik, genteng, kayu, cat, dan besi beton. Sedangkan penyebab waste yang dominan adalah kesalahan pekerja sehingga terjadi waste



kayu, genteng, keramik, dan besi beton. Sedangkan penyebab waste berupa cat akibat dari perubahan spesifikasi yang mendadak. Di dalam penelitian tersebut juga disebutkan cara pengendalian untuk masing – masing waste. Untuk mengendalikan waste keramik, genteng, dan besi beton, dilakukan dengan meningkatkan ketelitian dalam pekerjaan. Untuk material kayu adalah dengan rencana kerja yang baik, dan untuk cat dilakukan metode pelaksanaan yang tepat.

Adapun sintesa dari variabel penyebab waste ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Variabel Penyebab Material Waste Berdasarkan Literatur

No	Variabel	Sumber
1	Kesalahan Desain	Alwi dkk. (2002), Graham dan Smithers (1996)
2	Perubahan Desain	Alwi dkk. (2002), Nagapan dkk. (2012)
3	Kesalahan Pemesanan	Nagapan dkk. (2012)
4	Desain Tidak Ekonomis	Adewuyi dan Otali (2013)
5	Pemesanan Yang Berlebihan	Nagapan dkk. (2012)
6	Pemesanan Material Harus Dalam Jumlah Tertentu	Abdul-Rahman dkk. (2006)
7	Pemesanan Material Tidak Memenuhi Spesifikasi	Alwi dkk. (2002)
8	Kerusakan Selama Pengangkutan Material	Abdul-Rahman dkk. (2006)
9	Penanganan Material Yang Tidak Benar	Nagapan dkk. (2012), Graham dan Smithers (1996)
10	Penyimpanan Material Yang Tidak Benar	Nagapan dkk. (2012)
11	Kesalahan Pekerja	Nagapan dkk. (2012), Graham dan Smithers (1996)
12	Pekerja Tidak Ahli	Nagapan dkk. (2012)
13	Kecelakaan Pekerjaan	Abdul-Rahman dkk. (2006), Graham dan Smithers (1996)
14	Perusakan/ Vandalisme	Abdul-Rahman dkk. (2006)
15	Cuaca	Nagapan dkk. (2012), Graham dan Smithers (1996)
16	Gambar proyek tidak lengkap	Alwi dkk. (2002)
17	Revisi gambar yang lambat	Alwi dkk. (2002)
18	Spesifikasi tidak jelas	Alwi dkk. (2002)

Sumber : Olahan Literatur (2017)

Dari hasil identifikasi faktor waste oleh penelitian – penelitian tersebut, peneliti menjadikannya sebagai variabel penelitian. Variabel tersebut kemudian akan diolah dengan menggunakan metode *fault tree analysis*, *monte carlo*, dan *expected monetary value*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, maka jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian eksploratif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor penyebab waste apa yang terjadi pada proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya.

#### **3.2 Data Penelitian**

##### **3.2.1 Jenis Data**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer tersebut meliputi data probabilitas dan data dampak yang didapat dari responden melalui kuesioner dan wawancara.

##### **3.2.2 Metode Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam memperoleh data – data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

##### **1. Kuisisioner**

Kuisisioner digunakan untuk mendapatkan data - data langsung dari narasumber yaitu responden kuisisioner penelitian. Responden tersebut adalah manajer proyek konstruksi gedung di kota Surabaya. Kuisisioner digunakan untuk memberikan penilaian probabilitas terhadap masing-masing variabel waste (pemborosan) yang terjadi pada proyek. Selain itu, juga responden juga diminta untuk memberikan informasi tentang bentuk mitigasi dari masing – masing faktor penyebab waste tersebut.

##### **2. Wawancara**

Wawancara dilakukan untuk memperdalam informasi yang dibutuhkan sebagai penunjang jawaban yang diberikan oleh responden mengenai pertanyaan yang ada dalam kuisisioner. Wawancara dilakukan setelah responden mengisi kuisisioner sehingga informasi yang dibutuhkan dari kuisisioner dapat diperdalam lagi.

### 3.3 Populasi, Sampel, dan Responden Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya yang menghasilkan waste. Sedangkan sampel penelitian ini adalah proporsi dari proyek konstruksi gedung tersebut. Untuk mendapatkan sampel digunakan metode non-probability sampling dengan teknik purposive sampling, karena tidak diketahui jumlah populasi dalam penelitian ini dan hanya beberapa proyek yang dapat ditemui respondennya.

Responden pada proses pengambilan data adalah project manager dari proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya, karena merupakan orang yang paling mengetahui kondisi proyek yang sebenarnya.

### 3.4 Variabel Penelitian

Identifikasi variabel waste dalam penelitian ini dilakukan dengan menggali informasi kepada responden dan juga referensi yang sudah diperoleh dari studi literatur yang dikonfirmasi oleh responden. Adapun variabel penyebab waste penelitian ini dicantumkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Variabel Penyebab Waste Pada Penelitian Ini

No	Variabel	Sumber
1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	Alwi dkk (2002)
2	Perencana kurang berkompeten	Alwi dkk (2002)
3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	Wawancara Expert (2017)
4	Tempat material kurang baik	Nagapan dkk (2012)
5	Kesalahan penanganan material	Nagapan dkk (2012)
6	Material tidak dilindungi dengan benar	Nagapan dkk (2012)
7	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	Wawancara Expert (2017)
8	Sering terjadi pergantian pekerja	Wawancara Expert (2017)
9	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	Wawancara Expert (2017)
10	Pekerja kurang pelatihan	Nagapan dkk (2012)
11	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	Nagapan dkk (2012)

Tabel 3.1 Variabel Penyebab Waste Pada Penelitian Ini (lanjutan)

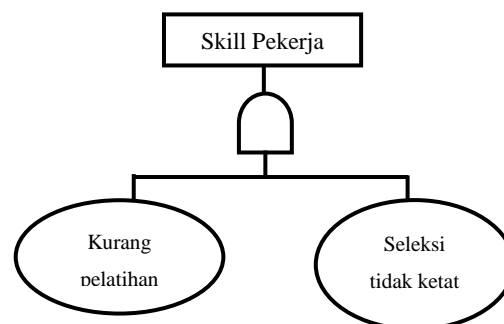
No	Variabel	Sumber
12	Perhitungan kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	Wawancara Expert (2017)
13	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	Wawancara Expert (2017), Nagapan dkk (2012)
14	Material terbuang / tercecer saat transportasi	Abdul-Rahman dkk. (2006)
15	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	Abdul-Rahman dkk. (2006)

Sumber : Sumber Olahan (2017)

### 3.5 Alur Teknik Analisa Data

#### 3.5.1. Menyusun Fault Tree Analysis

Fault tree analysis digunakan untuk merangkai hubungan penyebab variabel yang menyebabkan waste. Hubungan ini diperoleh dengan menggunakan diskusi atau interview dengan responden pada survei pendahuluan. Dari fault tree analysis akan diketahui bagaimana urutan kejadian dengan mem-breakdown penyebab waste secara keseluruhan.



Gambar 3.1 Contoh Bagan Fault Tree Analysis

Setelah ditentukan bentuk fault tree-nya, maka dilakukan survei utama pada setiap basic event pada fault tree untuk mendapatkan subjective probability dari responden.

### 3.5.2. Mendapatkan Subjective Probability dari Expert Pada Setiap Faktor Penyebab Waste

Variabel yang diperoleh dari studi literatur diukur dengan menggunakan skala. Skala tersebut diisikan di dalam kuisioner oleh responden. Skala yang digunakan adalah skala pendekatan kuantitatif, dimana tingkat dampak yang terjadi berkaitan dengan parameter, secara langsung dipengaruhi oleh variabel penyebab resiko. Skala ini digambarkan dalam bentuk prosentase (1-99%). (Grimaldi dkk, 2005)

### 3.5.3. Menetapkan Bentuk Distribusi Data dengan Program Bantu

Data probabilitas dianalisis dengan program bantu komputer, yaitu Companion untuk mendapatkan bentuk distribusi yang paling cocok terhadap data tersebut. Setiap data probabilitas memiliki bentuk distribusi yang berbeda-beda. Simulasi Monte Carlo yang dilakukan bergantung pada jenis distribusi tersebut.

### 3.5.4. Melakukan Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan program bantu komputer. Pada penelitian ini digunakan program bantu komputer Companion.

Tabel 3.2 Tabel Hasil Simulasi Probabilitas Variabel dengan Monte Carlo

No	Variabel	Probabilitas						Hasil Monte Carlo
		Responden 1	Responden 2	...	...	...	Responden 12	
1	Owner melakukan perubahan desain saat konstruksi	0,65	0,70	...	...	...	0,80	0,57
2	Perencana kurang berkompeten	0,40	0,30				0,45	0,42
3	Lainnya.....							
4	Lainnya.....							

Sumber : Olahan Penulis (2017)

### 3.5.5. Expected Monetary Value

Dari hasil simulasi Monte Carlo, didapat prosentase probabilitas dari masing – masing variabel secara keseluruhan yang mewakili semua responden. Probabilitas tersebut kemudian akan dikalikan dengan nilai dampak sehingga akan didapatkan EMV masing – masing. Nilai EMV terbesar merupakan faktor utama yang menyebabkan waste.

Perhitungan EMV dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$EMV(A_i) = \sum_{i=1}^N \text{Probability}_i \times \text{Impact}_i$$

dengan:

$A_i$  = Alternatif  $i$

$N$  = jumlah faktor penyebab

$\text{Probability}_i$  = Nilai probabilitas dari penyebab

$\text{Impact}_i$  = Nilai dampak dari penyebab waste

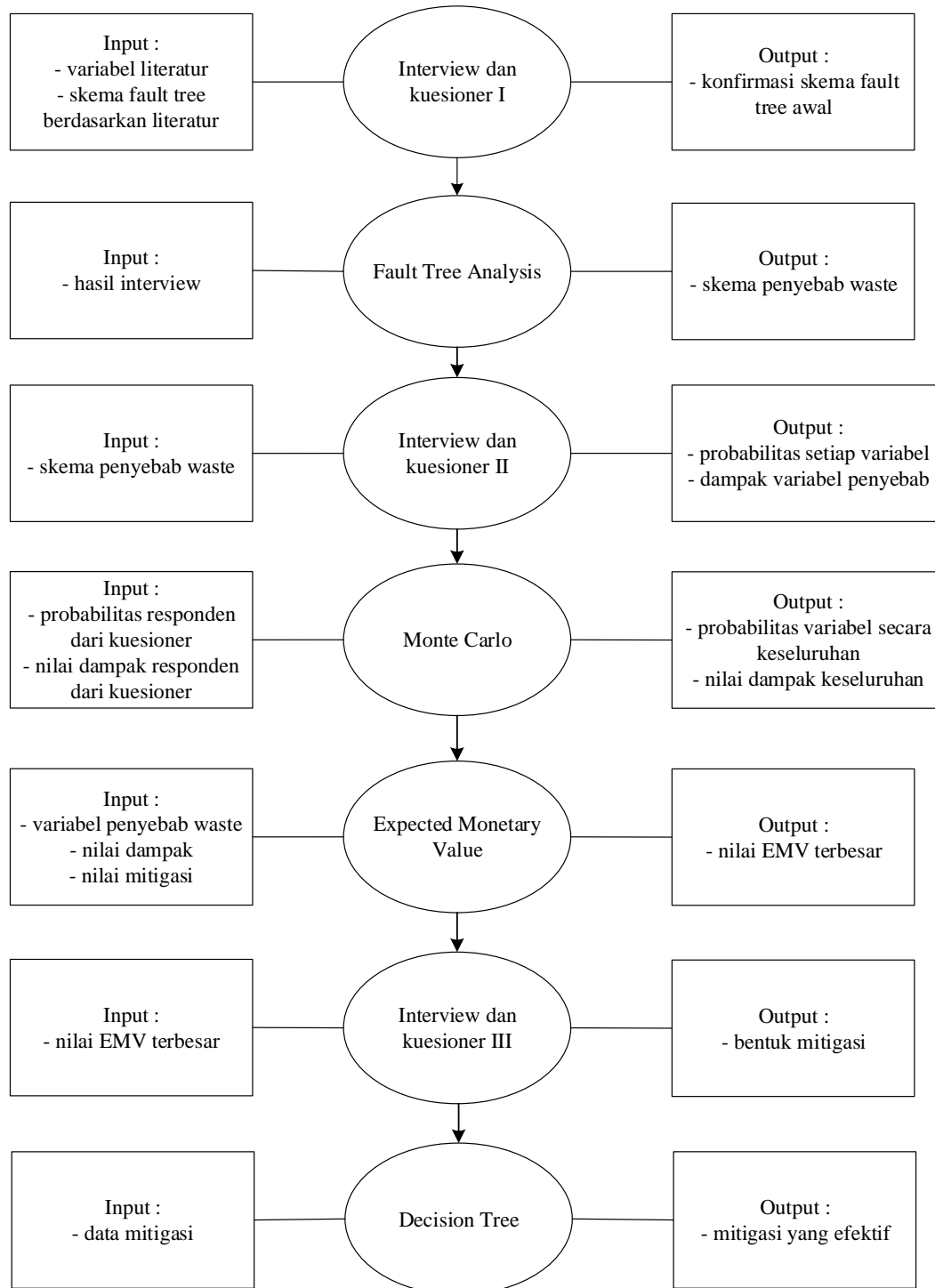
### 3.5.6. Decision Tree

Dari hasil expected monetary value, dicari bagaimana cara atau usaha mitigasi yang dilakukan oleh responden untuk meminimalisir adanya faktor waste terbesar tersebut. Adapun data yang diambil adalah besarnya prosentase pengaruh usaha mitigasi dan berapa biaya usaha mitigasi tersebut. Dengan menggunakan decision tree, maka dilakukan perbandingan antara biaya mitigasi dan pengaruh yang ditimbulkan oleh usaha mitigasi tersebut. Apabila biaya mitigasi lebih rendah daripada dampak yang diakibatkan oleh mitigasi tersebut, maka mitigasi tersebut menguntungkan. Begitu pula sebaliknya, apabila biaya mitigasi lebih besar daripada dampak setelah mitigasi dilakukan, maka mitigasi tersebut tidak menguntungkan dan dibutuhkan alternatif lain.



### 3.6. Skema Proses Data

Skema proses data adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Skema Proses Data Penelitian

Penjelasan skema di atas adalah sebagai berikut :

1. Interview dan Kuesioner I

Pada tahap ini, penulis telah membuat skema penyebab waste dalam bentuk fault tree analysis yang berdasarkan pada literatur. Skema fault tree analysis ini kemudian didiskusikan dengan responden untuk mendapatkan konfirmasi tentang ketepatan fault tree analysis apakah sudah sesuai atau belum dengan keadaan pada proyek.

2. Fault Tree Analysis

Setelah melakukan pengambilan data informasi melalui wawancara dan diskusi dengan responden, didapat fault tree analysis yang sudah valid berdasarkan data yang diperoleh dari pengalaman responden.

3. Interview dan Kuesioner II

Pada interview kedua, responden diminta untuk menuliskan probabilitas masing-masing variabel yang sudah dikonfirmasi pada skema fault tree analysis. Selain itu, responden juga diminta untuk memberikan informasi tentang dampak yang ditimbulkan dari setiap variabel penyebab waste.

4. Monte Carlo dan Expected Monetary Value

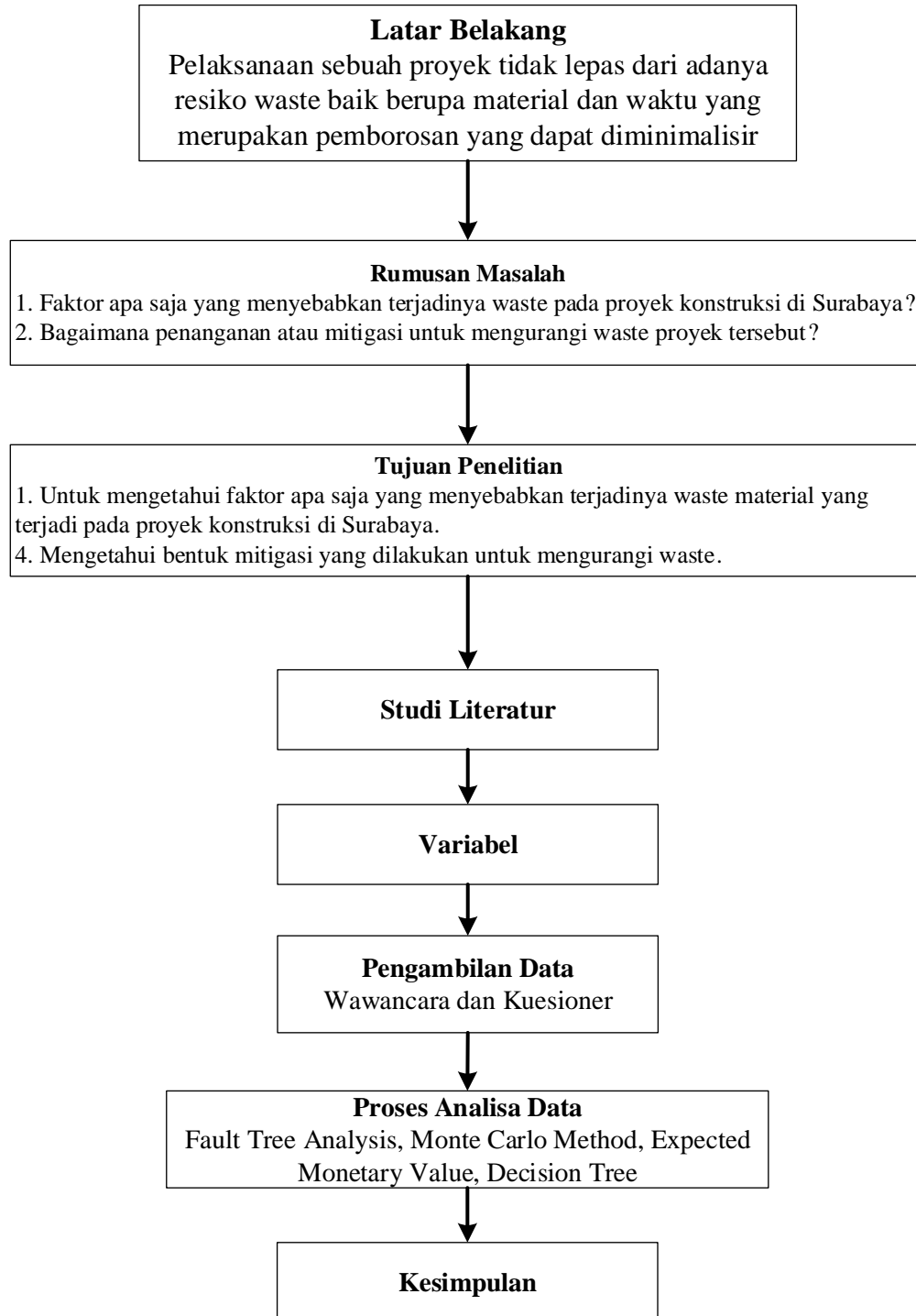
Setelah diperoleh data probabilitas dan dampak, maka diolah dengan metode Monte Carlo sehingga akan didapat probabilitas dan nilai dampak yang mewakili seluruh responden. Kemudian probabilitas tersebut akan dikalikan dengan dampak sehingga didapat nilai EMV terbesar. Faktor dengan nilai EMV terbesar adalah faktor yang paling berpengaruh menyebabkan waste terbesar.

5. Kuesioner III dan Decision Tree

Kuesioner III dilakukan berdasarkan nilai EMV faktor penyebab waste terbesar. Dalam kuesioner III, dicari informasi tentang bentuk mitigasi dan biaya mitigasinya. Dari hasil tersebut digunakan decision tree untuk menentukan bentuk mitigasi mana yang efektif dan memberikan keuntungan.

### 3.7. Alur Penelitian

#### **Analisis Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung di Kota Surabaya dan Pengaruh Mitigasinya**



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

Proses penelitian berdasarkan bagan alir di atas adalah sebagai berikut:

1. Latar Belakang

Pelaksanaan sebuah proyek tidak lepas dari adanya resiko waste baik berupa material dan waktu yang merupakan pemborosan yang dapat diminimalisir.

2. Rumusan Masalah

- a. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya waste yang terjadi pada proyek konstruksi di Surabaya?
- b. Bagaimana penanganan atau mitigasi untuk mencegah faktor waste proyek tersebut?

3. Tujuan

- a. Untuk mengetahui faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya waste material yang terjadi pada proyek konstruksi di Surabaya.
- b. Mengetahui bentuk mitigasi yang dilakukan untuk mencegah terjadinya waste.

4. Studi Literatur

Dari literatur diperoleh informasi tentang waste berupa material pada proyek konstruksi.

5. Identifikasi Variabel Penelitian

Dari responden dan literatur didapatkan variabel apa saja yang dapat menimbulkan waste proyek.

6. Menentukan Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya yang menghasilkan waste. Sedangkan sampel penelitian ini adalah proporsi dari proyek konstruksi gedung tersebut. Untuk mendapatkan sampel digunakan metode non-probability sampling dengan teknik purposive sampling.

7. Penyebaran Kuisioner dan Wawancara

Analisa faktor penyebab waste dengan cara menyebar kuisioner dan melakukan wawancara langsung pada responden. Untuk memperdalam data survey, wawancara juga dilakukan dengan manajer proyek konstruksi gedung di kota Surabaya. Kuisioner ini berisi pertanyaan yang berkaitan dengan faktor penyebab waste dan probabilitasnya serta nilai dampak yang ditimbulkan. Selain itu juga bentuk mitigasi untuk dampak tersebut serta pengaruhnya

terhadap pengurangan waste pada proyek konstruksi bangunan di kota Surabaya.

#### 8. Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data dimulai dengan memodelkan data interview berupa fault tree analysis. Variabel pada model tersebut didapatkan nilai probabilitasnya melalui kuesioner kemudian dihitung probabilitas untuk semua responden dengan menggunakan Monte Carlo. Setelah data probabilitas diperoleh, kemudian dikalikan dengan nilai dampak yang ditimbulkan oleh variabel tersebut maka didapatkan nilai resikonya.

#### 9. Perbandingan EMV Tanpa Mitigasi dan Dengan Mitigasi

Dengan mitigasi tentunya diharapkan dampak waste akan berkurang. Akan tetapi belum tentu semua usaha mitigasi menjadikan nilai total pengorbanan yang diberikan akan menjadi lebih kecil mengingat usaha mitigasi juga memerlukan suatu pengorbanan biaya tersendiri. Oleh sebab itu perlu dibandingkan mana yang lebih menguntungkan.

#### 10. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir dari penulisan tesis ini adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang telah dilakukan sebelumnya, dan juga pemberian saran.

## **BAB 4**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Identifikasi Faktor Penyebab Waste Proyek**

Survei pendahuluan merupakan langkah yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab waste pada proyek sebelum dilakukan survei utama. Variabel penyebab waste awalnya didapat dari literatur kemudian ditambahkan dengan variabel pada survei pendahuluan ini apabila variabel tersebut belum tercantum dalam literatur. Kuesioner pendahuluan disebarkan kepada manajer proyek atau staf engineering yang terlibat langsung dalam proyek konstruksi gedung yang diambil datanya.

##### **4.1.1 Gambaran Obyek dan Responden Penelitian**

Survey pendahuluan diambil pada beberapa proyek gedung yang ada di Kota Surabaya. Dalam survey pendahuluan ini didapat data variabel penyebab adanya waste material pada masing – masing proyek. Berikut adalah gambaran dari masing – masing proyek:

##### **1. Proyek Apartemen Taman Melati**

Proyek apartemen ini terletak di kawasan Surabaya Timur, dimana melengkapi pertumbuhan kawasan hunian di Surabaya Timur yang sedang berlangsung. Proyek ini terletak di Jalan Mulyorejo no 201, Surabaya. Proses konstruksi proyek ini sudah mencapai 70% saat survei pendahuluan dilakukan. Proyek ini merupakan salah satu proyek yang dikerjakan oleh pihak pengembang PT. Adhi Persada Properti. Berdekatan dengan kawasan kampus seperti Universitas Airlangga dan Universitas Muhammadiyah Surabaya, apartemen ini juga membidik pangsa pasar mahasiswa, selain pangsa pasar umum.

##### **2. Proyek Grand Dharmahusada Lagoon**

Proyek yang dimiliki oleh PT PP Properti ini merupakan proyek superblok yang menggabungkan konsep apartemen dengan pusat perbelanjaan atau one stop living, dimana dalam suatu kawasan berbagai kebutuhan dapat terpenuhi. Proyek

ini terletak di Jalan Mulyosari, Surabaya Timur. Proyek ini sudah berjalan 30% saat survei pendahuluan dilakukan.

3. Proyek Apartemen Ciputra

Proyek apartemen ini terletak di jalan poros Kota Surabaya di kawasan barat yaitu Jalan Mayjend Sungkono. Apartemen ini tergabung dalam kawasan perbelanjaan Ciputra World. Proses pembangunan apartemen ini sudah mencapai 90% saat survei pendahuluan dilakukan.

4. Proyek Apartemen Pavilion Permata II

Proyek ini merupakan salah satu proyek yang ada di kawasan Surabaya Barat. Proyek milik PT. PP Precast ini, merupakan proyek kelanjutan dari Apartemen Pavilion Permata I yang terletak tepat berada di sebelahnya. Kedua gedung apartemen ini berada dalam kawasan perbelanjaan Golden City Mall yang terletak di Jalan Abdul Wahab Siamin, Dukuh Pakis, Kota Surabaya. Saat survei pendahuluan dilakukan, proses pembangunan apartemen ini mencapai 70%.

5. Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada

Apartemen Puncak Dharmahusada merupakan proyek apartemen berkonsep Super Blok di kawasan Surabaya Timur, tepatnya di Jalan Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Surabaya. Proyek apartemen ini merupakan apartemen yang dimiliki oleh Puncak Group Surabaya. Saat pengambilan data survei pendahuluan, proses pembangunan proyek ini sudah mencapai 50%.

6. Proyek Apartemen One East Residence

Proyek Apartemen ini merupakan apartemen milik pengembang MNC Land. Terletak di Jalan Raya Kertajaya Indah yang merupakan poros jalan di bagian timur Kota Surabaya, proyek ini ikut serta dalam mengembangkan kawasan hunian yang ada di Surabaya Timur. Saat pengambilan data survei pendahuluan dilakukan, proses pembangunan proyek apartemen ini mencapai 60%

Responden yang berpartisipasi merupakan manajer atau perwakilan dari manajer yang memiliki pemahaman terhadap proyek yang sedang dikerjakan. Profil responden kuesioner yang berkontribusi pada survei pendahuluan ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Profil Responden pada Survei Pendahuluan

No	Nama	Jabatan	Proyek	Pendidikan	Pengalaman Proyek
1	Hata Yoga Permana	Project Engineering Manager	Proyek Apartemen Taman Melati	S1 Teknik Sipil	8 tahun
2	Ferry	Project Engineering Manager	Proyek Grand Dharmahusada Lagoon	S1 Teknik Sipil	8 tahun
3	Andrik Sugiarto	Site Engineering Manager	Proyek Apartemen Ciputra	S1 Teknik Sipil	10 tahun
4	Yoga Pribadi	Project Supervisor	Proyek Apartemen Pavilion Permata II	S1 Teknik Sipil	5 tahun
5	Fikey M S	Kasie Teknik dan SHE	Proyek Apartemen Puncak Dharmahusada	S1 Teknik Sipil	15 tahun
6	Didik Kurniawan	Cost Control / Quality Surveyor	Proyek Apartemen One East Residence	S1 Teknik Sipil	20 tahun

Sumber : Sumber olahan (2016)

#### 4.1.2 Hasil Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk membandingkan faktor - faktor penyebab waste yang telah didapat dari literatur, dengan faktor penyebab waste yang terjadi di beberapa proyek gedung yang ada di Kota Surabaya. Survei pendahuluan dilakukan dengan memperoleh variabel yang dikemukakan oleh responden, dengan dibantu oleh variabel yang telah didapatkan dari literatur.

Hasil survei pendahuluan tentang faktor penyebab waste yang telah dikumpulkan dari responden pada beberapa proyek adalah sebagai berikut :



Tabel 4.2 Survei Pendahuluan Faktor Penyebab Adanya Waste Proyek Gedung

No	Variabel	Kategori	Responden						%
			1	2	3	4	5	6	
1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	Desain	v	v	v	v		v	83,3
2	Perencana kurang berkompeten	Desain	v	v	v	v	v	v	100,0
3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	Desain	v		v			v	50,0
4	Tempat material kurang baik	Material		v	v	v		v	66,7
5	Kesalahan penanganan material	Material	v	v		v		v	66,7
6	Material tidak dilindungi dengan benar	Material	v	v	v				50,0
7	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	Pekerja	v		v		v		50,0
8	Sering terjadi pergantian pekerja	Pekerja					v	v	33,3
9	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	Pekerja	v			v			33,3
10	Pekerja kurang pelatihan	Pekerja	v		v	v	v	v	83,3
11	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	Pengadaan	v		v				33,3
12	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	Pengadaan				v		v	33,3
13	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	Pengadaan	v			v			33,3
14	Material terbuang / tercecer saat transportasi	Pengadaan					v	v	33,3
15	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	Pengadaan			v				16,7

Sumber : Sumber Olahan (2016)

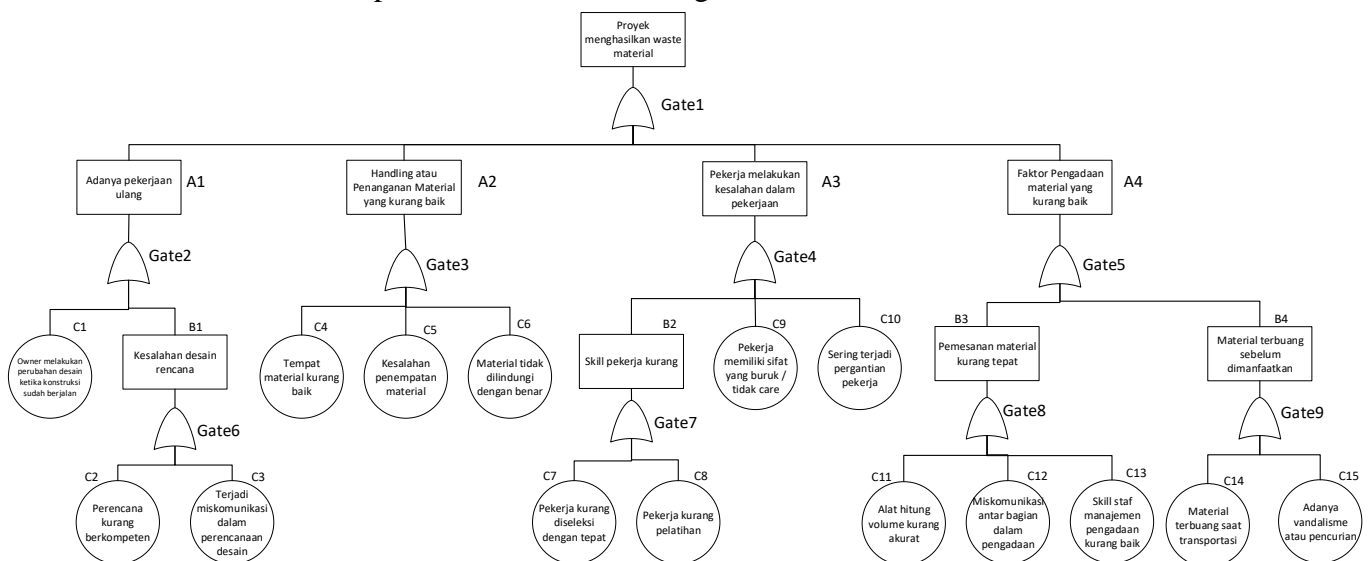
Pada tabel diatas, tanda “v” menunjukkan bahwa responden menyetujui faktor penyebab waste tersebut terjadi pada proyeknya. Dari hasil survei pendahuluan, dapat diketahui faktor yang paling umum terjadi adalah perencana yang kurang berkompeten dengan prosentase sebanyak 100% responden yang

menyetujuinya. Selanjutnya faktor adanya perubahan desain dari owner ketika kontruksi berlangsung dan faktor pekerja yang kurang mendapatkan pelatihan menjadi penyebab waste yang paling umum kedua dengan prosentase 83,3%. Sebanyak 66,7% responden menyetujui penyebab waste proyek adalah tempat material kurang baik dan kesalahan penanganan material. Faktor – faktor ini dikelompokkan sesuai dengan kategori penyebab waste proyek yang dikemukakan oleh Nagapan, dkk (2012).

#### 4.1.3 Fault Tree Analysis

Sekumpulan penyebab adanya waste yang dikemukakan oleh responden dihubungkan satu sama lain sehingga membentuk suatu hubungan dalam pohon faktor. Dalam teori Fault Tree Analysis umumnya digunakan AND *gate* dan OR *gate*, untuk membentuk hubungan antar event atau kejadian penyebab. Simbol OR digunakan ketika sebuah event disebabkan oleh salah satu kejadian atau ada salah satu faktor yang paling dominan terjadi. Sedangkan, simbol AND digunakan ketika sebuah kejadian disebabkan oleh semua kejadian yang menjadi faktor penyebabnya yang terjadi secara bersamaan.

Dari analisis kuesioner pendahuluan yang telah dilakukan, maka diketahui faktor – faktor penyebab waste menurut responden. Pohon faktor yang disusun berdasarkan hasil analisis survei pendahuluan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Pohon Faktor Penyebab Waste pada Proyek

Faktor desain berhubungan dengan pekerjaan proyek dimana desain merupakan pedoman untuk melakukan pekerjaan. Apabila terjadi perubahan desain saat konstruksi sudah berjalan maka dibutuhkan pembongkaran dan pekerjaan ulang atau rework. Dalam kategori ini, faktor yang menjadi penyebab waste adalah owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan, perencana yang kurang berkompeten, dan terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain.

Faktor penanganan material juga menjadi salah satu kategori faktor penyebab waste. Apabila material ditempatkan pada tempat yang tidak sesuai, maka akan mengalami kerusakan dan tidak dapat digunakan. Faktor penyebab waste yang masuk dalam kategori penanganan material adalah tempat material yang kurang baik, kesalahan penanganan material, dan material yang tidak dilindungi dengan benar.

Faktor selanjutnya adalah pekerja. Pekerja merupakan komponen penting dalam suatu proyek karena pekerja bersentuhan langsung dengan produk proyek yang akan dihasilkan. Apabila keahlian dan sifat pekerja kurang baik, maka akan berdampak langsung pada produk pekerjaan, Faktor penyebab waste yang masuk dalam kategori ini adalah pekerja tidak care terhadap produk, sering terjadi pergantian pekerja, pekerja kurang diseleksi dengan tepat, dan pekerja kurang pelatihan sehingga skill kurang.

Faktor yang keempat adalah mengenai pengadaan. Proses pengadaan mulai dari pemesanan hingga bahan material datang juga mempengaruhi adanya waste proyek. Pemesanan yang berlebih akan menghasilkan material yang terbuang sia – sia. Pemesanan yang asal – asalan dan tidak mendetail juga menyebabkan adanya waste. Faktor penyebab waste yang masuk dalam kategori ini adalah salah hitung volume, miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan, material terbuang tercecer saat transportasi, dan adanya vandalisme atau pencurian.

Dari survei pendahuluan didapatkan empat *intermediate event* yang merupakan penyebab dari top event yakni Proyek menghasilkan waste material. Empat faktor atau event dibawahnya sebagai *intermediate event* adalah adanya pekerjaan ulang, handling atau penanganan material yang kurang baik, pekerjaan

melakukan kesalahan dalam pekerjaan, dan faktor pengadaan material yang kurang baik. Pada tingkatan selanjutnya diperoleh faktor pula yang menjadi penyebab terjadinya intermediate event tersebut. Faktor penyebab ini dapat berupa *basic event* yang merupakan faktor dasar yang tidak dapat diuraikan kembali atau merupakan *intermediate event* yang masih dapat dilanjutkan kepada tingkatan yang lebih dasar hingga didapatkan *basic event*.

Untuk mengetahui hubungan basic event dan top event, maka dilakukan penentuan *cut set*. *Cut set* merupakan serangkaian basic event yang bila mengalami kegagalan dapat berakibat pada kegagalan pada sistem atau terjadinya top event. *Cut set* berisikan kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang mana bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi. Sedangkan, minimal cut set merupakan set minimal yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem. Untuk menentukan minimal *cut set* digunakan metode algoritma MOCUS (*Method for Obtaining Cut Sets*).

Tabel 4.3 Algoritma MOCUS untuk mendapatkan minimal cut set

LANGKAH			
0	1	2	3
Gate1	Gate2	C1	C1
		Gate6	C2
			C3
	Gate3	C4	C4
		C5	C5
		C6	C6
	Gate4	Gate7	C7
			C8
		C9	C9
		C10	C10
	Gate5	Gate8	C11
			C12
			C13
	Gate9		C14
			C15

Sumber : Sumber Olahan (2017)

Langkah dalam algoritma MOCUS adalah sebagai berikut :

1. Langkah 1

Identifikasi event yang menjadi input dari Gate1. Event yang menjadi input dari Gate1 disusun secara vertikal karena Gate1 merupakan OR gate.

2. Langkah 2

Gate2 merupakan OR gate, sehingga event yang menjadi input Gate 2, yaitu kejadian C1 dan Gate6 di-list secara vertikal. Gate3, Gate4, dan Gate5 juga merupakan OR gate, sehingga event yang menjadi input gate tersebut masing-masing juga disusun kembali secara vertikal.

3. Langkah 3

Event C1 merupakan basic event, karena tidak memiliki input, sehingga event ini tidak dapat dikembangkan. Sedangkan Gate6 yang merupakan OR gate memiliki input event C2 dan C3, kemudian ditulis secara vertikal. Event C4, C5, dan C6 merupakan basic event yang tidak dapat dikembangkan kembali. Gate7 memiliki basic event C7 dan C8 dan disusun secara vertikal, karena Gate7 adalah OR gate. Event C9 dan C10 merupakan basic event sehingga tidak dapat dikembangkan lagi. Gate8 dan Gate9 adalah OR gate yang memiliki input masing-masing C11, C12, C13, dan C14, C15. Input tersebut disusun secara vertikal.

Semua event yang didapatkan pada langkah 3 dengan algoritma MOCUS merupakan basic event, sehingga didapatkan minimal *cut set* untuk fault tree tersebut adalah {C1}, {C2}, {C3}, {C4}, {C5}, {C6}, {C7}, {C8}, {C9}, {C10}, {C11}, {C12}, {C13}, {C14}, {C15}.

a. Analisa cut set kejadian adanya pekerjaan ulang

$$A1 = C1 + B1$$

$$B1 = C2 + C3$$

$$\text{Jadi, } A1 = C1 + C2 + C3$$

Minimum cut set untuk kejadian adanya pekerjaan ulang adalah {C1}, {C2}, {C3},

Hasil minimum cut set kejadian adanya pekerjaan ulang menghasilkan tiga basic event, yaitu owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah

berjalan, perencana yang kurang berkompeten, terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain.

- b. Analisa cut set handling atau penanganan material kurang baik

$$A2 = C4 + C5 + C6$$

Minimum cut set untuk handling atau penanganan material kurang baik adalah {C4}, {C5}, {C6},

Hasil minimum cut set kejadian penanganan material kurang baik adalah tiga basic event, yakni tempat material kurang baik, kesalahan penanganan material, dan material tidak dilindungi dengan benar.

- c. Analisa cut set pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan

$$A3 = B2 + C9 + C10$$

$$B2 = C7 + C8$$

$$\text{Jadi, } A3 = C7 + C8 + C9 + C10$$

Minimum cut set untuk pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan adalah {C7}, {C8}, {C9}, {C10}

Hasil minimum cut set pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan adalah empat basic event, yakni pekerja kurang diseleksi dengan tepat, pekerja kurang pelatihan, pekerja memiliki sifat yang buruk atau tidak care, dan sering terjadi pergantian pekerja.

- d. Analisa cut set faktor pengadaan material yang kurang baik

$$A4 = B3 + B4$$

$$B3 = C11 + C12 + C13$$

$$B4 = C14 + C15$$

$$\text{Jadi, } A4 = C11 + C12 + C13 + C14 + C15$$

Minimum cut set untuk faktor pengadaan material yang kurang baik adalah {C7}, {C8}, {C9}, {C10}

Hasil minimum cut set pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan adalah lima basic event, yaitu alat hitung volume kurang akurat, miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan, skill staf manajemen pengadaan kurang baik, material terbuang saat transportasi, dan adanya vandalisme atau pencurian.

Hasil rekap keseluruhan minimum cut set proyek menghasilkan material waste dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Basic Event Penyebab Terjadinya Waste Pada Proyek

No	Kejadian	Penyebab
1	Adanya pekerjaan ulang	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan,</li> <li>– Perencana yang kurang berkompeten,</li> <li>– Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain.</li> </ul>
2	Handling atau penanganan material kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tempat material kurang baik,</li> <li>– Kesalahan penempatan material,</li> <li>– Material tidak dilindungi dengan benar.</li> </ul>
3	Pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pekerja kurang diseleksi dengan tepat,</li> <li>– Pekerja kurang pelatihan,</li> <li>– Pekerja memiliki sifat yang buruk atau tidak care,</li> <li>– Sering terjadi pergantian pekerja</li> </ul>
4	Faktor pengadaan material yang kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alat hitung volume kurang akurat,</li> <li>– Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan,</li> <li>– Skill staf manajemen pengadaan kurang baik,</li> <li>– Material terbuang saat transportasi,</li> <li>– Adanya vandalisme atau pencurian</li> </ul>

Sumber : Sumber Olahan (2017)

#### 4.2. Identifikasi Faktor Penyebab Waste Terbesar

Survei utama dilakukan setelah faktor penyebab waste didapatkan dari analisis fault tree. Survei utama bertujuan untuk mengetahui probabilitas kejadian setiap faktor penyebab dan bagaimana dampak yang diakibatkan oleh faktor penyebab tersebut. Identifikasi faktor penyebab waste terbesar diperoleh berdasarkan hasil expected monetary value terbesar. Perhitungan expected monetary value membutuhkan dua komponen yaitu probabilitas kejadian dan dampak akibat kejadian tersebut.

#### **4.2.1 Gambaran Umum Responden Proyek**

Survei utama dilakukan kepada manajer atau perwakilan dari manajer pada proyek konstruksi gedung yang menjadi partisipan pada survei pendahuluan ditambah dengan beberapa proyek konstruksi gedung yang lainnya di Kota Surabaya. Proyek yang menjadi tempat survei utama merupakan proyek konstruksi gedung yang sedang hingga besar, bernilai antara puluhan hingga ratusan miliar rupiah. Kuesioner utama disebar kepada 15 proyek gedung di Kota Surabaya, dan kembali sebanyak 12 buah dengan 4 proyek tidak dapat memberikan data biaya dampak. Untuk 3 kuesioner yang tidak kembali dikarenakan tidak bersedia menerima kuesioner dan tidak dapat dihubungi.

Dalam survei utama, diperoleh probabilitas untuk masing-masing *basic event* dan dampak yang ditimbulkan. Data dampak yang diperoleh tersebut berupa data kualitatif dan kuantitatif. Nilai kerugian dari dampak tersebut didapatkan dari penilaian responden yang ahli atau sudah paham mengenai proyek yang sedang dikerjakannya.

#### **4.2.2 Probabilitas Kejadian berdasarkan Fault Tree**

Masing – masing probabilitas *basic event* secara keseluruhan pada pohon faktor dapat diperoleh dengan perhitungan setiap cabang pohon faktor. Probabilitas diukur dengan range 0,00 hingga 1,00 dimana angka 0,00 menunjukkan kejadian tersebut tidak pernah terjadi dan angka 1,00 menunjukkan suatu kejadian selalu terjadi. Dari data yang diberikan oleh responden, probabilitas diolah dengan menggunakan Monte Carlo.

Sebelum melakukan perhitungan data probabilitas dengan Monte Carlo, data probabilitas tersebut harus dilihat bagaimana jenis distribusinya, karena perhitungan Monte Carlo dilakukan berdasarkan bentuk distribusi datanya. Sebagai contoh data probabilitas owner melakukan perubahan desain, dengan data sebagai berikut:



Tabel 4.5 Data Probabilitas untuk Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain

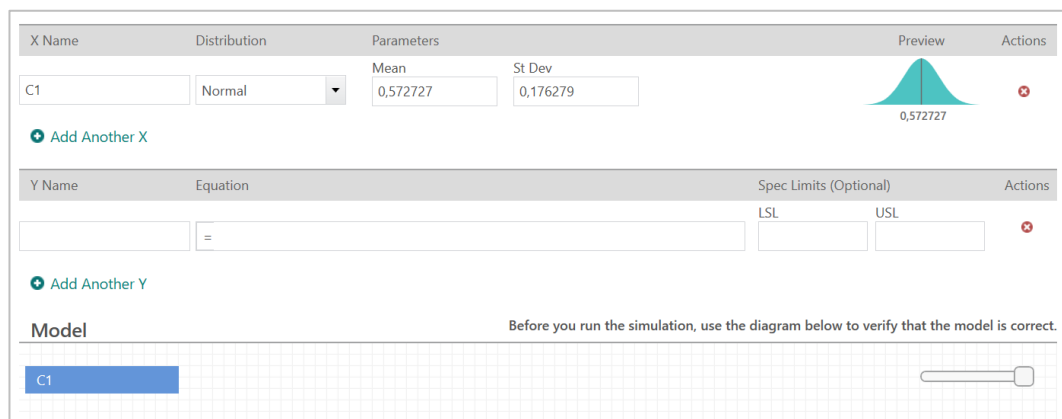
Nama Proyek	Owner Melakukan Perubahan Desain
Swiss Bell Hotel Darmo	0,65
Apartemen Puncak Dharmahusada	0,70
Apartemen Pavilion Permata 2	0,30
Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon	0,50
Apartemen Ciputra	0,80
Tunjungan Plaza 6	0,50
Apartemen Taman Melati	0,30
The Samator	0,60
Amaris Hotel Bintoro	0,50
One Galaxy Apartemen	0,50
Supermall Pakuwon	0,80
Spazio Tower II	0,80

Sumber : Data Primer (2017)

Data probabilitas variabel owner melakukan perubahan desain diperiksa jenis distribusinya dengan menggunakan program bantu Companion. Variabel tersebut memiliki kode C1, dan untuk mengetahui distribusi apa yang cocok maka dipilih “use data to decide” pada menu drop down Distribution.

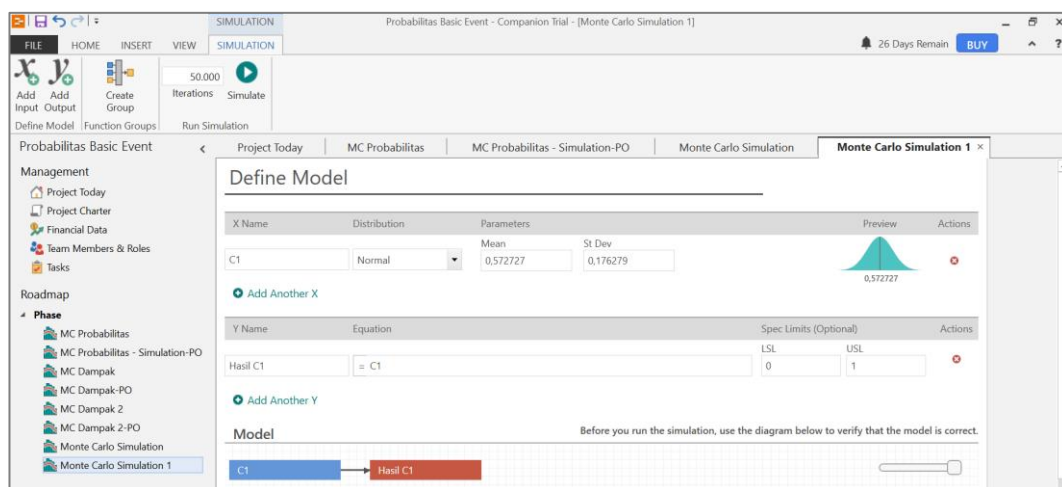
Gambar 4.2 Input Data untuk Best Fit Distribution

Setelah data C1 dimasukkan, maka program Companion akan otomatis mendeteksi distribusi apa yang paling cocok untuk dilakukan perhitungan Monte Carlo. Data C1 pada gambar berikut menunjukkan bahwa data C1 paling cocok dengan distribusi normal.



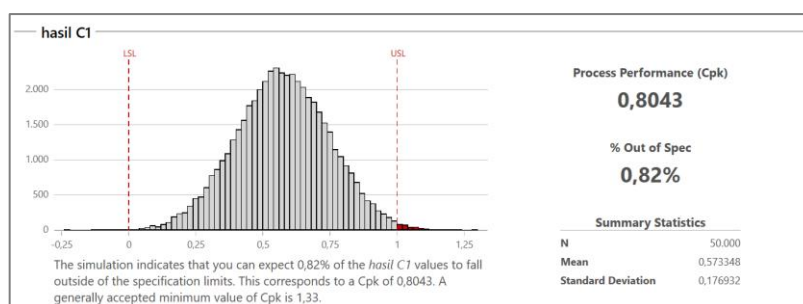
Gambar 4.3 Hasil Best Fit Distribution untuk Variabel C1

Setiap data variabel basic event diolah dengan cara yang sama untuk mengetahui jenis distribusinya masing-masing, ditampilkan pada Lampiran 6. Selanjutnya data tersebut disimulasi dengan menetapkan bagaimana modelnya dan berapa iterasi yang diinginkan. Iterasi pada gambar berikut merupakan jumlah iterasi default dari program Companion.



Gambar 4.4 Pengaturan Simulasi Monte Carlo

Hasil dari perhitungan Monte Carlo variabel C1 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Hasil Output Monte Carlo untuk Variabel C1

Hasil variabel C1 terdistribusi normal dengan nilai performance adalah 0,8 dimana semakin tinggi nilai Cpk semakin baik. Nilai tersebut merupakan nilai maksimum yang dapat diperoleh meskipun nilai minimum Cpk yang biasanya dicapai adalah 1,33. Hasil Monte Carlo untuk variabel C1 adalah 0,57.

Dengan cara perhitungan yang sama, setiap *basic event* dihitung hasil Monte Carlo-nya, seperti yang ditampilkan tabel berikut.

Tabel 4.6 Probabilitas Setiap *Basic Event* dalam Pohon Faktor

Kode	Kejadian	Hasil Monte Carlo
C1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	0,57
C2	Perencana kurang berkompeten	0,42
C3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	0,54
C4	Tempat material kurang baik	0,41
C5	Kesalahan penanganan material	0,28
C6	Material tidak dilindungi dengan benar	0,41
C7	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	0,43
C8	Pekerja kurang pelatihan	0,53
C9	Pekerja memiliki sifat yang buruk / tidak care	0,40
C10	Sering terjadi pergantian pekerja	0,32
C11	Alat hitung volume kurang akurat	0,21
C12	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	0,42
C13	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	0,35
C14	Material terbuang saat transportasi	0,45
C15	Adanya vandalisme atau pencurian	0,49

Sumber : Olahan Penulis (2017)

Berdasarkan probabilitas basic event, maka faktor penyebab waste terbesar adalah variabel owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sedang berjalan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Alwi (2002) menyatakan bahwa perubahan desain merupakan salah satu faktor kunci yang menyebabkan adanya waste pada tahap konstruksi. Menurut Choy dan Sidwell (1991), dalam Alwi (2002), perubahan desain didefinisikan sebagai perubahan lingkup pekerjaan terhadap kontrak awal yang mengatur perjanjian antara owner dan kontraktor. Seringkali perubahan desain bukan disebabkan oleh pihak kontraktor. Perubahan desain

tersebut dapat meliputi perubahan dari segi arsitektural, struktural, drainase dan plumbing, atau aspek lainnya. Setelah didapatkan probabilitas pada setiap basic event, maka probabilitas intermediate event level 2 pada fault tree dapat diketahui.

#### 4.2.3 Probabilitas Pada Fault Tree Analysis

Faktor-faktor penyebab waste yang telah disusun dengan menggunakan metode fault tree seperti yang tertera pada gambar 4.1 dapat dicari nilai probabilitasnya dengan menggunakan metode numerik yang bersifat *bottom-up approach*. Pendekatan numerik ini berawal dari level hirarki yang paling rendah dan mengkombinasikan semua probabilitas dari event yang ada pada level ini sesuai dengan *logic gate*-nya. Perhitungan intermediate event pada level 2 adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan Variabel Adanya Pekerjaan Ulang (A1)

Variabel A1 memiliki gate OR dimana komponennya adalah C1 dan B1. Variabel B1 juga memiliki gate OR dengan komponen C2 dan C3. Jadi, perhitungan probabilitas A1 dimulai dari perhitungan variabel B1.

$$P(B1) = P(C2 \cup C3)$$

$$P(B1) = 1 - (1 - P(C2)) \cdot (1 - P(C3))$$

$$P(B1) = 1 - (1 - 0,42) \cdot (1 - 0,54) = 0,73$$

$$P(A1) = P(C1 \cup B1)$$

$$P(A1) = 1 - (1 - P(C1)) \cdot (1 - P(B1))$$

$$P(A1) = 1 - (1 - 0,57) \cdot (1 - 0,73) = 0,89$$

Jadi, probabilitas untuk variabel adanya pekerjaan ulang adalah sebesar 0,89.

b. Perhitungan Variabel Handling Material Kurang Baik (A2)

Variabel A2 adalah berupa OR gate yang memiliki input C4, C5, dan C6. Perhitungan probabilitas variabel A2 adalah

$$P(A2) = P(C4 \cup C5 \cup C6)$$

$$P(A2) = P(C4) + P(C5) + P(C6) - P(C4 \cap C5) - P(C4 \cap C6) - P(C5 \cap C6) + P(C4 \cap C5 \cap C6)$$

$$P(A2) = P(C4) + P(C5) + P(C6) - P(C4) \cdot P(C5) - P(C4) \cdot P(C6) - P(C5) \cdot P(C6) + P(C4) \cdot P(C5) \cdot P(C6)$$

$$P(A2) = 0,41 + 0,28 + 0,41 - 0,41 \times 0,28 - 0,41 \times 0,41 - 0,28 \times 0,41 + 0,41 \times 0,28 \times 0,41 = 0,75$$

Jadi, probabilitas variabel handling material kurang baik adalah 0,75.

c. Perhitungan Variabel Pekerja Melakukan Kesalahan (A3)

Variabel A3 dengan gate OR memiliki input B2, C9, dan C10. Variabel B2 memiliki input C7 dan C8, dengan gate OR. Maka perhitungan dimulai dari variabel B2.

$$P(B2) = P(C7 \cup C8)$$

$$P(B2) = 1 - (1 - P(C7)) \cdot (1 - P(C8))$$

$$P(B2) = 1 - (1 - 0,43) \cdot (1 - 0,53) = 0,73$$

$$P(A3) = P(B1 \cup C9 \cup C10)$$

$$P(A3) = P(B1) + P(C9) + P(C10) - P(B1 \cap C9) - P(B1 \cap C10) - P(C9 \cap C10) + P(B1 \cap C9 \cap C10)$$

$$P(A3) = P(B1) + P(C9) + P(C10) - P(B1) \cdot P(C9) - P(B1) \cdot P(C10) - P(C9) \cdot P(C10) + P(B1) \cdot P(C9) \cdot P(C10)$$

$$P(A3) = 0,73 + 0,40 + 0,32 - 0,73 \times 0,40 - 0,73 \times 0,32 - 0,40 \times 0,32 + 0,73 \times 0,40 \times 0,32 = 0,89$$

Jadi nilai probabilitas dari variabel pekerja melakukan kesalahan adalah 0,89.

d. Perhitungan Variabel Faktor Pengadaan yang Kurang Baik (A4)

Variabel A4 memiliki gate OR dengan komponen B3 dan B4. Variabel B3 sendiri juga memiliki komponen C11, C12, dan C13 dengan gate OR. Sedangkan Variabel B4 juga memiliki komponen C14 dan C15 dengan gate OR. Maka perhitungan dimulai dengan menghitung probabilitas variabel B3 dan B4 terlebih dahulu.

$$P(B3) = P(C11 \cup C12 \cup C13)$$

$$P(B3) = P(C11) + P(C12) + P(C13) - P(C11 \cap C12) - P(C11 \cap C13) - P(C12 \cap C13) + P(C11 \cap C12 \cap C13)$$

$$P(B3) = P(C11) + P(C12) + P(C13) - P(C11) \cdot P(C12) - P(C11) \cdot P(C13) - P(C12) \cdot P(C13) + P(C11) \cdot P(C12) \cdot P(C13)$$

$$P(B3) = 0,21 + 0,42 + 0,35 - 0,21 \times 0,42 - 0,21 \times 0,35 - 0,42 \times 0,35 + 0,21 \times 0,42 \times 0,35 = 0,70$$

$$P(B4) = P(C14 \cup C15)$$

$$P(B4) = 1 - (1 - P(C14)) \cdot (1 - P(C15))$$

$$P(B4) = 1 - (1 - 0,45) \cdot (1 - 0,49) = 0,72$$

$$P(A4) = P(B3 \cup B4)$$

$$P(A4) = 1 - (1 - P(B3)) \cdot (1 - P(B4))$$

$$P(A4) = 1 - (1 - 0,70) \cdot (1 - 0,72) = 0,92$$

Jadi, nilai probabilitas dari variabel faktor pengadaan yang kurang baik adalah 0,92.

Dari hasil perhitungan numerik pada model fault tree analysis, variabel yang paling besar probabilitasnya adalah adanya pekerjaan ulang akibat adanya perubahan desain, baik dari permintaan owner sendiri, maupun faktor lainnya dalam perencanaan desain, yaitu miskomunikasi dan perencana yang kurang berkompeten. Pada penelitian ini faktor penyebab waste terbesar dilihat dari expected monetary value, dimana komponennya adalah probabilitas variabel dan dampak yang diakibatkan oleh variabel tersebut.

#### **4.2.3 Hasil Dampak yang Diakibatkan secara Kualitatif dan Kuantitatif**

Masing-masing basic event memiliki dampak yang akan muncul jika kejadian itu terjadi. Responden memberikan penilaian terhadap dampak dari basic event secara kualitatif maupun kuantitatif.

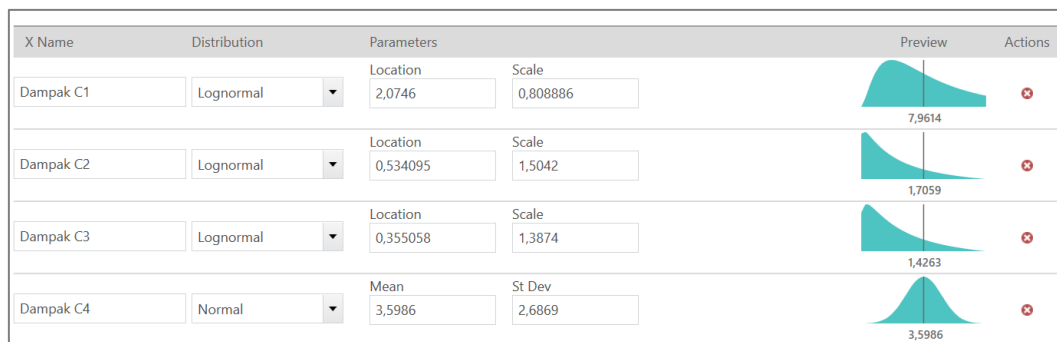
Sebelum melakukan perhitungan data dampak dengan Monte Carlo, data dampak akan dicari bagaimana jenis distribusi yang cocok dengan data dampak tersebut, karena perhitungan Monte Carlo dilakukan berdasarkan bentuk distribusi datanya. Sebagai contoh data prosentase dampak yang diakibatkan oleh variabel owner melakukan perubahan desain. Data tersebut menunjukkan seberapa besar nilai dampak jika diprosentase terhadap nilai proyeknya. Adapun data tersebut tersaji pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Dampak oleh Responden untuk Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain Ketika Konstruksi Sudah Berjalan

Nama Proyek	Dampak Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain Ketika Konstruksi Sudah Berjalan
Apartemen Puncak Dharmahusada	5,30%
Apartemen Pavilion Permata 2	4,84%
Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon	15,00%
Apartemen Ciputra	15,00%
Tunjungan Plaza 6	2,00%
Amaris Hotel Bintoro	10,34%
Supermall Pakuwon	4,00%
Spazio Tower II	22,50%

Sumber : Data Primer (2017)

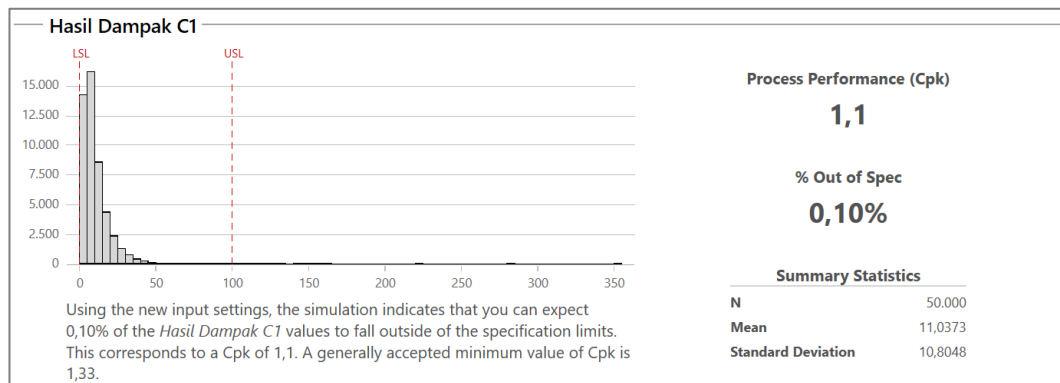
Seperti tahap perhitungan probabilitas diatas, perhitungan data dampak dari responden juga diolah dengan menggunakan program Companion. Data diatas dimasukkan pada program tersebut dan dihasilkan jenis distribusi yang paling cocok, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Hasil Fit Distribution pada Data Dampak C1 sampai C4

Setiap data dampak dari variabel basic event diolah dengan cara yang sama untuk mengetahui jenis distribusinya masing-masing, ditampilkan pada Lampiran 6. Selanjutnya data tersebut disimulasi dengan menetapkan bagaimana modelnya dan berapa iterasi yang diinginkan, seperti langkah yang dilakukan pada pengolahan data probabilitas di atas.

Data dampak variabel waste C1 memiliki jenis distribusi lognormal dengan hasil Monte Carlo sebagai berikut :



Gambar 4.7 Hasil Dampak Variabel C1

Pada hasil output untuk variabel C1 diperoleh hasil performa sebesar 1,1 dimana sudah mendekati angka 1,33 sebagai acuan performa yang umum. Hasil tersebut telah melalui proses maksimasi parameter oleh program Companion untuk variabel C1. Nilai output untuk perhitungan Monte Carlo variabel C1 adalah 11,03% dari nilai proyeknya. Hasil output perhitungan Monte Carlo untuk data dampak mulai variabel C1 sampai C15 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Dampak Kuantitatif Variabel Penyebab Waste

Kategori	Kode	Variabel	Nilai Dampak Hasil Perhitungan Monte Carlo
Desain	C1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	11,03%
	C2	Perencana kurang berkompeten	5,34%
	C3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	3,74%
Handling	C4	Tempat material kurang baik	3,61%
	C5	Kesalahan penempatan material	3,48%
	C6	Material tidak dilindungi dengan benar	3,47%
Pekerja	C7	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	4,21%
	C8	Sering terjadi pergantian pekerja	2,93%
	C9	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	2,96%
	C10	Pekerja kurang pelatihan	2,97%
Pengadaan	C11	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	2,95%
	C12	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	2,61%



Tabel 4.8 Dampak Kuantitatif Variabel Penyebab Waste (lanjutan)

Pengadaan	C13	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	2,22%
	C14	Material terbuang / tercecer saat transportasi	3,67%
	C15	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	2,33%

Sumber : Olahan Penulis (2017)

Dari hasil perhitungan Monte Carlo di atas, nilai dampak terbesar disebabkan oleh variabel C1 yaitu dampak yang diakibatkan oleh adanya perubahan desain oleh owner ketika konstruksi sudah berjalan, dengan nilai dampak sebesar 11,03%. Nilai dampak ini meliputi dampak kualitatif yang tersaji dalam tabel 4.9. Untuk variabel C1, dampak sebesar 11,03% dari nilai proyek meliputi biaya-biaya untuk melakukan penggantian material, penambahan material, biaya operasional karena waktu pelaksanaan yang otomatis mengalami keterlambatan serta kembali melakukan penjadwalan untuk item-item pekerjaan lainnya.

Tabel 4.9 Dampak Kualitatif Variabel Penyebab Waste

Kategori	Variabel	Dampak yang Ditimbulkan
Desain	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu pelaksanaan menjadi mundur</li> <li>• Penggantian material</li> <li>• Terjadi pekerjaan tambah</li> <li>• Reschedule</li> </ul>
	Perencana kurang berkompeten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Design tidak sesuai dengan aktual lapangan</li> <li>• Review ulang design</li> <li>• Durasi pekerjaan mundur</li> </ul>
	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses shopdrawing menjadi lama</li> <li>• Waktu menjadi molor</li> <li>• Terjadi kesalahan di lapangan</li> </ul>
Handling	Tempat material kurang baik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material menjadi tidak awet/ rusak / cacat</li> </ul>
	Kesalahan penempatan material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material sulit dijangkau/ diawasi</li> <li>• Pengambilan material tidak efisien</li> </ul>
	Material tidak dilindungi dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material rusak</li> <li>• Kehilangan material</li> </ul>
Pekerja	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil produk menjadi jelek / tidak baik</li> </ul>
	Sering terjadi pergantian pekerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitas tidak merata</li> <li>• Repair</li> </ul>

Tabel 4.9 Dampak Kualitatif Variabel Penyebab Waste (lanjutan)

Kategori	Variabel	Dampak yang Ditimbulkan
Pekerja	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	• Kualitas pekerjaan jelek
	Pekerja kurang pelatihan	• Kualitas dan kuantitas kurang maksimal
Pengadaan	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	• Salah pengadaan/ spesifikasi • Pendatangan material terlambat, mengakibatkan mundurnya target
	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	• Pendatangan material tidak sesuai kebutuhan • Boros/ over pengaruh terhadap biaya
	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	• Salah pesan material, material menjadi tidak terpakai
	Material terbuang / tercecer saat transportasi	• Kuantitas kurang • Biaya / RAB rugi
	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	• Penambahan biaya dan waktu untuk pengadaan ulang

Sumber : Data Primer (2017)

#### 4.2.4 Expected Monetary Value

Nilai expected monetary value didapatkan dengan mengalikan antara probabilitas sebuah variabel dengan nilai dampak yang diakibatkan oleh variabel tersebut. Tabel 4.10 menunjukkan hasil Expected Monetary Value dengan nilai probabilitas dan nilai dampak hasil simulasi Monte Carlo dari setiap kejadian dasar.

Tabel 4.10 Nilai Expected Monetary Value Dampak Penyebab Material Waste

Kategori	Kode	Variabel	Nilai Probabilitas	Nilai Dampak	Expected Monetary Value
Desain	C1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	0,57	11,03%	6,29%
	C2	Perencana kurang berkompeten	0,42	5,34%	2,24%
	C3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	0,54	3,74%	2,02%
Handling	C4	Tempat material kurang baik	0,41	3,61%	1,48%
	C5	Kesalahan penempatan material	0,28	3,48%	0,97%
	C6	Material tidak dilindungi dengan benar	0,41	3,47%	1,42%
Pekerja	C7	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	0,43	4,21%	1,81%

Tabel 4.10 Nilai Expected Monetary Value Dampak Penyebab Material Waste (lanjutan)

Kategori	Kode	Variabel	Nilai Probabilitas	Nilai Dampak	Expected Monetary Value
Pengadaan	C8	Sering terjadi pergantian pekerja	0,53	2,93%	1,55%
	C9	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	0,40	2,96%	1,18%
	C10	Pekerja kurang pelatihan	0,32	2,97%	0,95%
	C11	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	0,21	2,95%	0,62%
	C12	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	0,42	2,61%	1,10%
	C13	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	0,35	2,22%	0,78%
	C14	Material terbuang / tercecer saat transportasi	0,45	3,67%	1,65%
	C15	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	0,49	2,33%	1,14%

Sumber : Olahan Penulis (2017)

Dari perhitungan semua expected monetary value yang telah dihitung, maka yang memiliki nilai terbesar adalah variabel C1 yaitu variabel owner yang melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan. Kemudian variabel yang memiliki EMV terbesar kedua adalah perencana yang kurang berkompeten, dan yang memiliki nilai EMV terbesar ketiga adalah miskomunikasi dalam perencanaan desain. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa faktor yang mendominasi sebagai penyebab waste adalah faktor dari segi desain, dimana apabila ada kesalahan ataupun perubahan desain, maka akan mengakibatkan waste yang besar.

Apabila dari setiap kategori saling dibandingkan EMV-nya maka kategori desain merupakan kategori yang memiliki nilai terbesar yaitu 9,76%. Nilai probabilitas yang digunakan untuk menghitung EMV pada setiap kategori adalah nilai probabilitas intermediate event pada level 1 yang nilainya sudah dihitung pada subbab di atas. Sedangkan untuk nilai dampaknya, diambil dari dampak basic event dari intermediate event tersebut yang nilainya paling besar, sehingga dapat cukup

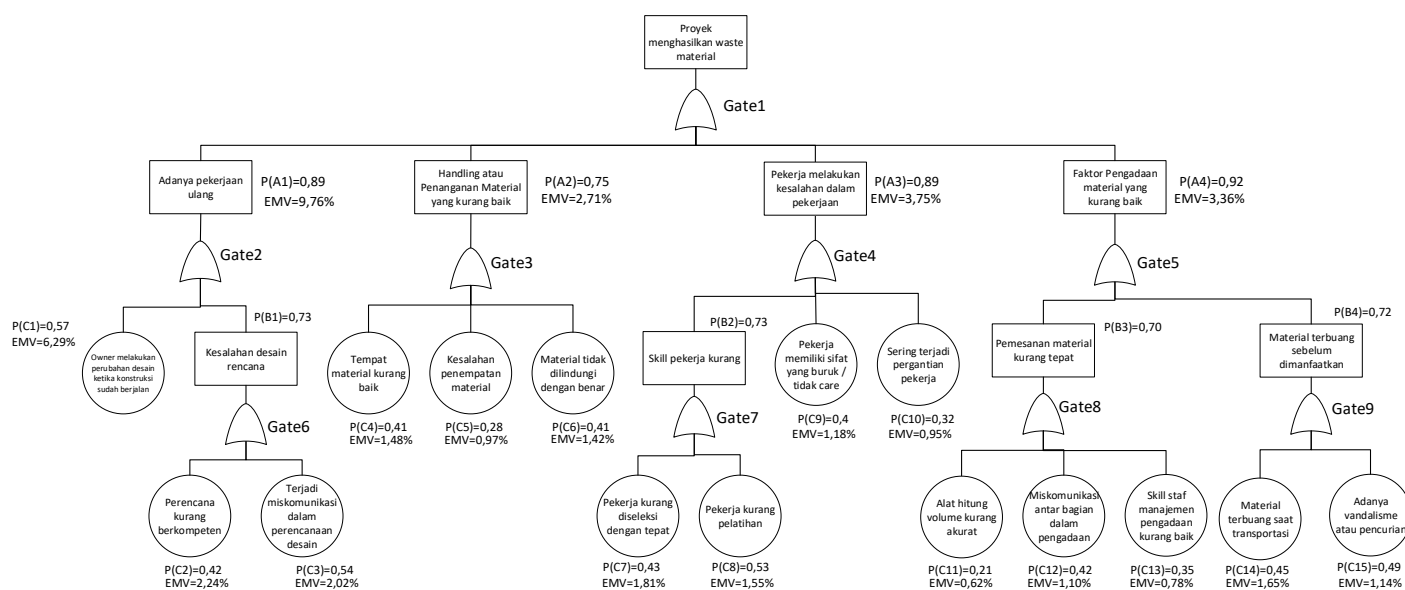
mewakili nilai dampak terbesar yang muncul akibat dari intermediate event tersebut. Adapun nilai EMV intermediate event ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Expected Monetary Value pada Intermediate Event

Kategori	Kode	Variabel	Nilai Probabilitas	Nilai Dampak	Expected Monetary Value
Desain	A1	Adanya pekerjaan ulang	0,89	11,03%	9,76%
Handling	A2	Penanganan material kurang baik	0,75	3,61%	2,71%
Pekerja	A3	Pekerja melakukan kesalahan pekerjaan	0,89	4,21%	3,75%
Pengadaan	A4	Pengadaan material yang kurang baik	0,92	3,67%	3,36%

Sumber : Olahan Penulis (2017)

Setelah didapat faktor penyebab waste terbesar dan kategori yang memiliki nilai EMV terbesar, maka diperlukan usaha mitigasi untuk mengurangi nilai probabilitas maupun nilai dampak yang diakibatkan oleh faktor penyebab waste tersebut. Berikut merupakan bagan final Fault Tree-nya:



Gambar 4.8 Bagan Final Fault Tree Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung.

Pada fault tree diatas didapatkan bahwa faktor penyebab waste terbesar ada pada variabel C1 dengan nilai probabilitas 0,57 dan EMV 6,29%. Sedangkan intermediate event yang memiliki nilai paling besar adalah dari segi desain yaitu

adanya pekerjaan ulang akibat desain, dengan nilai probabilitas 0,89 dan EMV 9,76%.

#### **4.3. Mitigasi Faktor Penyebab Waste**

Pada subbab ini dibahas mitigasi pada tiga faktor dasar yang menyebabkan waste material pada proyek konstruksi yaitu owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan, terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain, dan material tidak dilindungi dengan benar.

Bentuk mitigasi dari ketiga faktor tersebut diambil dari survei kepada responden. Responden memberikan penilaian terhadap bentuk mitigasi dan nilai mitigasi itu sendiri, serta pengaruh adanya mitigasi terhadap faktor penyebab waste baik dari segi dampak maupun dari probabilitas yang muncul setelah dilakukan mitigasi. Untuk menentukan efektif tidaknya suatu mitigasi, digunakan metode decision tree kepada setiap mitigasi.

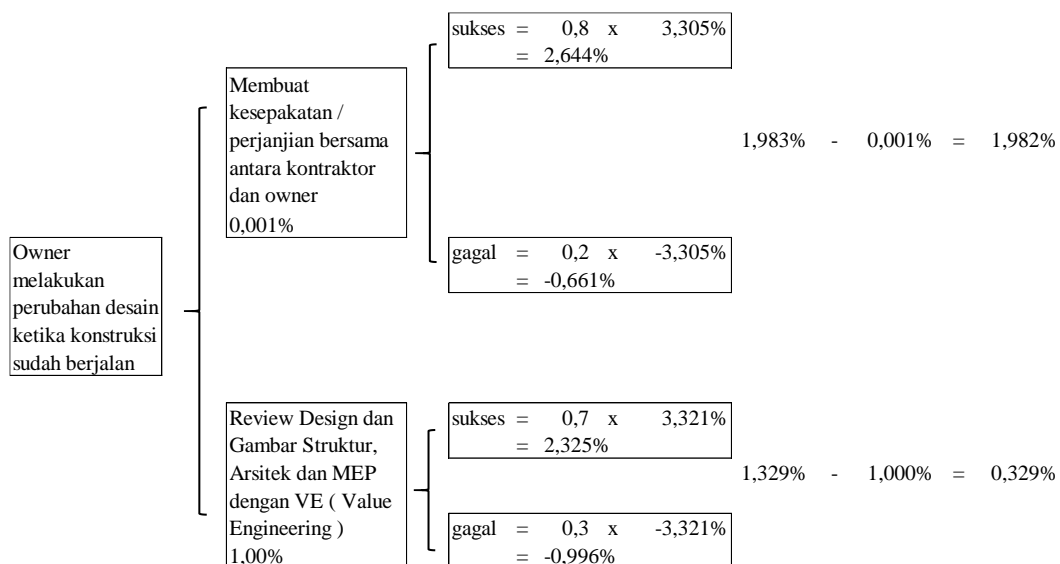
Setiap mitigasi kejadian memiliki dampak yang dibagi menjadi dua kriteria pengambilan keputusan seperti sukses dan gagal ketika mitigasi tersebut dilaksanakan. Efektif atau tidaknya mitigasi dapat diketahui dari perbandingan nilai pelaksanaan mitigasi dengan nilai dampak mitigasi jika berhasil atau gagal saat pelaksanaan. Jika nilai pelaksanaan lebih besar dibandingkan nilai dampak mitigasi, maka mitigasi tersebut dianggap rugi dan kurang efektif. Jika nilai pelaksanaan mitigasi lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai dampak mitigasi, maka mitigasi tersebut dianggap menguntungkan.

##### **4.3.1 Mitigasi Terhadap Faktor Owner Melakukan Perubahan Desain Ketika Konstruksi Sudah Berjalan**

Dari survei yang dilakukan ada dua bentuk mitigasi yang dilakukan untuk mengurangi dampak penyebab waste ini. Dua alternatif tersebut adalah dengan membuat perjanjian bersama antara kontraktor dan owner. Perjanjian kedua pihak ini dituangkan dalam bentuk pembuatan alur kerja atau prosedur ketika sebelum proyek dimulai apabila di tengah berjalannya proyek terjadi perubahan pekerjaan.

Alternatif kedua adalah dengan menerapkan rekayasa nilai. Dengan rekayasa nilai, akan diterapkan suatu susunan metode untuk mengurangi biaya produksi atau penggunaan barang dan jasa, tanpa mengurangi mutu yang diperlukan. Konsep rekayasa nilai sendiri menekankan pada biaya produk atau jasa dengan melibatkan prinsip-prinsip engineering. Teknik ini berusaha untuk mencapai mutu yang minimal sama dengan yang direncanakan dengan biaya seminimal mungkin.

Bentuk decision tree untuk penyebab waste terbesar diatas adalah sebagai berikut :



Gambar 4.9 *Decision Tree* untuk Mitigasi Faktor Perubahan Desain oleh Owner

Dari decision tree diatas, bentuk mitigasi yang dilakukan sama-sama memberikan keuntungan dalam mengurangi dampak dari faktor penyebab waste diatas. Dengan membuat perjanjian bersama antara kontraktor dan owner meliputi pembuatan alur kerja atau prosedur apabila dibutuhkan perubahan desain, menghasilkan usaha yang lebih efektif karena bentuk mitigasi tersebut hanya membutuhkan biaya yang relatif jauh lebih kecil.

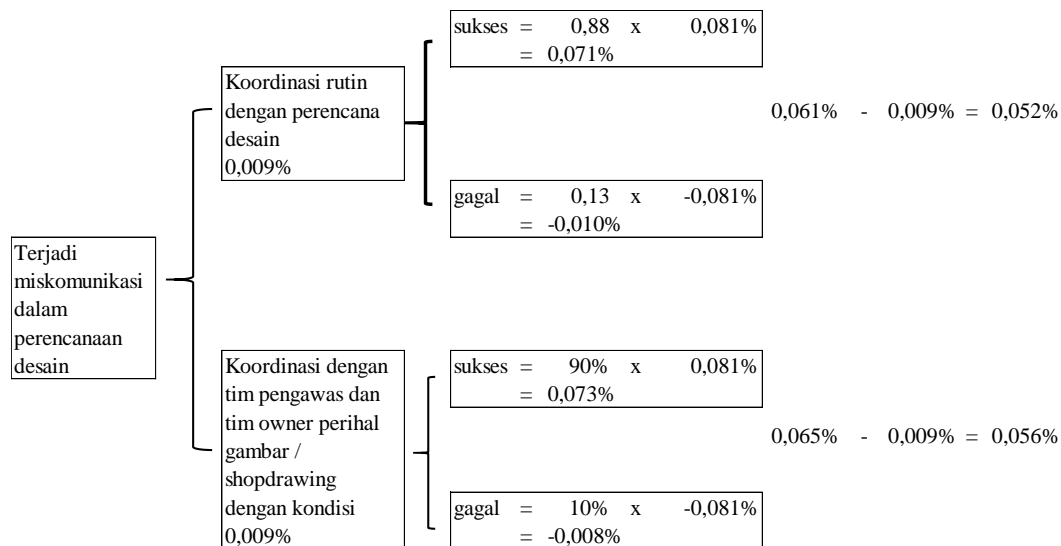
#### 4.3.2 Mitigasi Terhadap Faktor Miskomunikasi Dalam Perencanaan Desain

Mitigasi yang dilakukan agar tidak terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain adalah dengan melakukan koordinasi rutin dengan perencana desain dengan melakukan rapat rutin per minggunya membahas pekerjaan yang

akan dikerjakan dan mengajukan RFI atau request for information kepada perencana apabila terdapat ketidakjelasan terhadap desain yang diberikan.

Alternatif yang kedua adalah dengan melakukan koordinasi dengan tim pengawas dan tim owner tentang shopdrawing sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Dengan melakukan site visit rutin bersama, maka akan mengurangi kesalahan pekerjaan di lapangan. Apabila terjadi perbedaan kondisi antara shopdrawing dengan keadaan lapangan maka dapat segera direvisi dengan kesepakatan bersama antara kontraktor, konsultan pengawas, dan owner.

Bentuk decision tree untuk penyebab waste terbesar diatas adalah sebagai berikut :



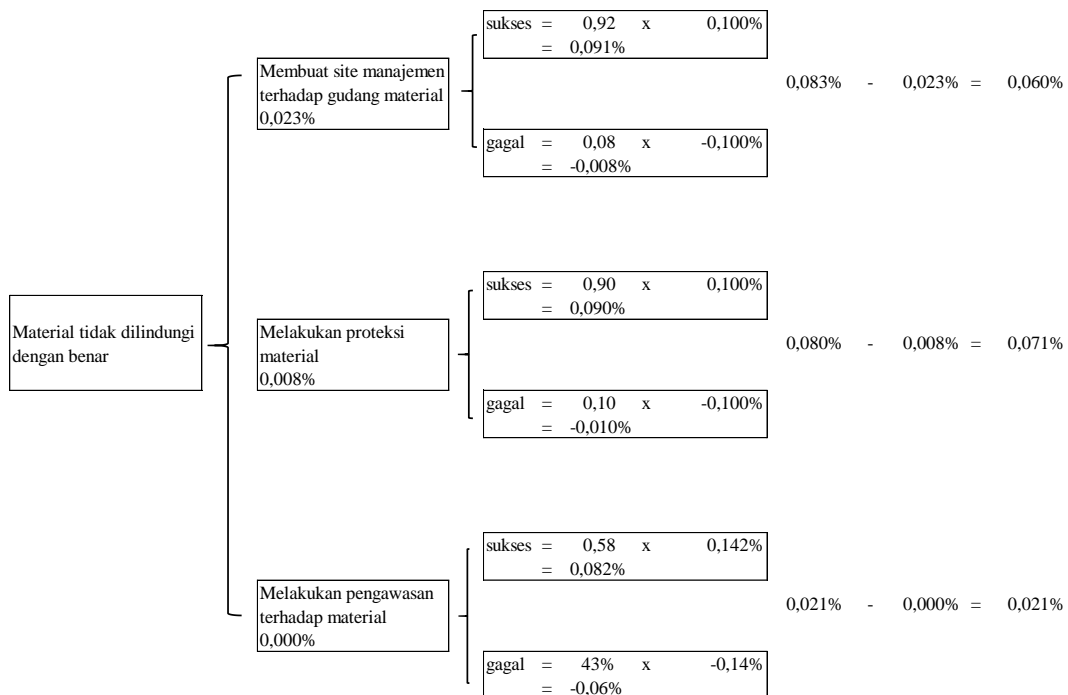
Gambar 4.10 *Decision Tree* untuk Mitigasi Faktor Terjadi Miskomunikasi Dalam Perencanaan Desain

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Cheung dkk. (2013), alur informasi yang baik akan berpengaruh terhadap performa sebuah proyek, seperti tercapainya sebuah kepuasan dalam meraih target proyek, kualitas produktivitas yang terjaga, dan dapat memaksimalkan waktu, biaya dan kualitas produk. Dari decision tree diatas, kedua usaha mitigasi memiliki nilai yang lebih kecil dari dampak yang diakibatkan. Hal ini menandakan bahwa kedua mitigasi sama-sama memberikan keuntungan. Sedangkan bentuk mitigasi yang paling menguntungkan untuk dapat mengurangi dampak dari miskomunikasi dalam perencanaan desain

adalah dengan melakukan koordinasi rutin dengan tim pengawas dan tim owner tentang gambar atau shopdrawing yang dihasilkan oleh perencana dimana merupakan acuan pekerjaan dengan memperhatikan kondisi aktual di lapangan sehingga apabila terjadi ketidakcocokan dapat segera direvisi.

#### 4.3.3 Mitigasi Terhadap Faktor Material Tidak Dilindungi Dengan Benar

Mitigasi yang dilakukan untuk faktor material tidak terlindungi dengan benar ini adalah dengan melakukan site manajemen gudang material, melakukan proteksi material, dan melakukan pengawasan terhadap material. Dengan pembangunan gudang tentu dapat mengurangi dampak adanya waste pada proyek, gudang material berguna untuk melindungi material seperti semen dan komponen lain dari gangguan cuaca yang akan menyebabkan kerusakan dan juga faktor lain seperti faktor keamanan. Penelitian oleh Thomas (2005) menyatakan bahwa pengadaan material dan gudang penyimpanan material harus direncanakan dan dilaksanakan dengan baik untuk menghindari adanya efek negatif dari kekurangan material atau kelebihan material pada proyek.



Gambar 4.11 *Decision Tree* untuk Mitigasi Faktor Material Tidak Dilindungi dengan Benar



Alternatif kedua adalah dengan memberikan material proteksi. Material yang tidak dimasukkan dalam gudang seperti baja tulangan diberikan material seperti terpal. Alternatif ketiga adalah dengan melakukan pengawasan terhadap material tersebut. Pengawasan dibutuhkan untuk memastikan agar material dapat terjaga dengan baik.

Dari decision tree diatas, semua usaha mitigasi memiliki nilai yang lebih kecil dari dampak yang diakibatkan. Hal ini menandakan bahwa mitigasi tersebut tidak mengakibatkan kerugian. Sedangkan bentuk mitigasi yang paling menguntungkan untuk dapat mengurangi dampak dari material tidak dilindungi dengan benar adalah dengan melakukan proteksi material seperti pembelian pelindung terpal untuk melindungi tumpukan baja tulangan maupun tatakan untuk tumpukan kantong-kantong semen agar tidak lembab dan rusak.

#### **4.4 Diskusi Hasil Penelitian**

Dari hasil analisis yang didapatkan, dapat diketahui bahwa terdapat resiko yang dominan terjadi yang berkaitan dengan adanya waste yang ada di proyek konstruksi. Risiko tersebut adalah adanya pekerjaan ulang dan material yang tidak ditangani dengan baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penyebab yang dominan dari resiko pekerjaan ulang diatas adalah adanya perubahan desain dari owner, dimana konstruksi sudah berjalan dan juga adanya miskomunikasi dalam perencanaan desain. Sedangkan risiko material tidak ditangani dengan baik secara dominan disebabkan oleh faktor perlindungan material yang tidak dilindungi dengan benar.

Pada perhitungan expected monetary value di atas, faktor penyebab waste terbesar disebabkan oleh adanya perubahan desain dari owner ketika konstruksi sudah berjalan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Alwi (2002) menyatakan bahwa perubahan desain merupakan salah satu faktor kunci yang menyebabkan adanya waste pada tahap konstruksi. Menurut Choy dan Sidwell (1991), dalam Alwi (2002), perubahan desain didefinisikan sebagai perubahan lingkup pekerjaan terhadap kontrak awal yang mengatur perjanjian antara owner dan kontraktor. Seringkali perubahan desain bukan disebabkan oleh pihak kontraktor. Perubahan

desain dapat meliputi perubahan dari segi arsitektural, struktural, drainase dan plumbing, atau aspek lainnya. Hasil interview pada penelitian tersebut menyatakan bahwa perubahan desain adalah hasil permintaan owner atau klien yang mengalami perubahan kebutuhan. Adanya permintaan perubahan desain ini berdampak pada terjadinya pekerjaan pembongkaran atau pekerjaan ulang. Sehingga material yang sudah menjadi produk tersebut harus dibongkar dan menjadi waste. Selain itu, dengan adanya perubahan desain juga mengakibatkan adanya keterlambatan waktu pelaksanaan dari schedule yang sudah direncanakan, seperti yang dikemukakan oleh Kaming (1997). Penelitian oleh Assaf dan Al-Hejji (2006) juga menyatakan bahwa penyebab utama adanya delay atau keterlambatan proyek adalah perubahan permintaan oleh owner pada masa konstruksi. Faktor diatas harus diantisipasi dengan berbagai langkah mitigasi. Mitigasi yang dilakukan berdasarkan hasil penelitian adalah dengan membuat perjanjian bersama antara kontraktor dan owner, dan juga menerapkan rekayasa nilai.

Faktor penyebab waste yang juga dominan adalah adanya miskomunikasi dalam perencanaan desain dan perencana yang kurang berkompeten. Dalam penelitiannya, Nagapan dkk, (2012) mengemukakan bahwa adanya miskomunikasi dapat berkontribusi terhadap munculnya waste pada sebuah proyek. Adanya ketidaksepahaman antara berbagai pihak dalam proyek dapat menyebabkan perubahan pekerjaan atau pembongkaran terhadap pekerjaan yang sudah dikerjakan. Dalam penelitiannya, berbagai elemen dalam suatu proyek harus secara berkala memiliki komunikasi yang jelas dan lancar baik dengan berdiskusi atau koodinasi lainnya untuk menghasilkan suatu gambar final sehingga produknya yang sudah dikerjakan sesuai dengan yang diinginkan. Dalam penelitian ini mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan koordinasi rutin dengan perencana desain dengan melakukan rapat rutin per minggunya, dan dengan melakukan site visit dengan tim pengawas dan tim owner tentang shopdrawing sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

Faktor penyebab waste yang juga harus menjadi perhatian adalah material yang tidak dilindungi dengan benar. Salah satu faktor adanya waste adalah pada sisi penanganan terhadap material konstruksi. Material konstruksi merupakan bagian

penting yang memiliki persentase cukup besar dari total biaya proyek (Ervianto, 2004). Nagapan dkk, (2012) menyatakan bahwa penanganan terhadap material merupakan salah satu faktor yang juga menentukan terciptanya waste. Dalam penelitiannya, waste bersifat fisik dapat terjadi apabila perlindungan terhadap material tersebut tidak dilakukan dengan benar. Sebagai contoh, material semen yang disimpan di ruang terbuka akan mengakibatkan material semen terekspos terhadap kelembaban dan hujan, dimana akan mengakibatkan kerusakan. Dalam penelitian ini, langkah yang ditempuh pihak proyek untuk meminimalisir risiko ini adalah dengan melakukan site manajemen gudang material, melakukan proteksi material, dan melakukan pengawasan terhadap material.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan data dan analisa, kesimpulan yang dapat dipetik sesuai dengan tujuan penelitian adalah :

1. Tiga faktor dasar terbesar yang menjadi penyebab adanya waste pada proyek gedung di Kota Surabaya berdasarkan nilai EMV adalah :

- a) Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan  
Faktor ini memiliki nilai probabilitas sebesar 0,57 dan memiliki nilai dampak sebesar 11,03% dari nilai proyek sehingga didapat EMV sebesar 6,29%.
- b) Perencana kurang berkompeten  
Faktor ini memiliki nilai probabilitas sebesar 0,42 dan memiliki nilai dampak sebesar 5,34% dari nilai proyek sehingga didapat EMV sebesar 2,24%
- c) Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain  
Faktor ini memiliki nilai probabilitas sebesar 0,54 dan memiliki nilai dampak sebesar 3,74% sehingga didapat EMV sebesar 2,02%

Sedangkan dari segi kategori faktor penyebab waste , yang dominan terhadap adanya waste adalah dari segi desain, yakni adanya perubahan desain yang menyebabkan adanya pekerjaan ulang. Kategori desain memiliki nilai EMV lebih besar daripada kategori penanganan material, pekerja, dan pengadaan. Nilai probabilitas kategori desain adalah 0,89 dengan nilai dampak terbesar adalah 11,03% sehingga didapat nilai EMV 9,76%.

2. Beberapa contoh bentuk mitigasi yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya faktor penyebab waste antara lain :

- a) Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan  
Mitigasi yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko ini adalah membuat perjanjian bersama antara kontraktor dan owner, dan mereview desain dan gambar struktur dengan rekayasa nilai.

- b) Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain dan perencana kurang berkompeten

Mitigasi yang dilakukan adalah melakukan koordinasi rutin dengan perencana desain sehingga tidak terjadi kesalahan dalam desain dan pekerjaan. Mitigasi yang kedua yaitu melakukan koordinasi dengan tim pengawas dan tim owner tentang shopdrawing dengan melihat kondisi aktual di lapangan.

Usaha mitigasi yang telah dilakukan terhadap faktor penyebab waste memberikan dampak yang positif karena memberikan keuntungan nilai biaya. Keuntungan tersebut adalah berupa penghematan biaya yang nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan biaya pelaksanaan mitigasinya.

## **5.2. Saran**

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya pembahasan dapat diperdalam pada salah satu kategori waste dan dengan memperoleh data yang cukup luas.
2. Untuk penelitian dengan tema yang sama, dapat digunakan metode yang lain untuk mengolah data yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgawad, M. dan Fayek, A.R. (2012), "Comprehensive Hybrid Framework for Risk Analysis in the Construction Industry Using Combined Failure Mode and Effect Analysis, Fault Trees, Event Trees, and Fuzzy Logic", *Journal of Construction Engineering and Management*, hal. 642-651.
- Abdul-Rahman, H., Berawi, M.A., Berawi, A.R., Mohamed, O., Othman, M., dan Yahya, I.A., (2006), "Delay Mitigation in the Malaysian Construction Industry", *Journal of Construction Engineering and Management* © ASCE, hal. 125-133.
- Adewuyi, T., dan Otali, M., (2013), "Evaluation of Causes of Construction Material Waste - Case of Rivers State, Nigeria", *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management Vol. 6*, hal. 746-753.
- Alwi, S., (2002), "Waste in the Indonesian Construction Projects", *Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries*, hal. 305-315.
- Alwi, S., Hampson, K., dan Mohammed, S., (2002), "Non Value-Adding Activities in Australian Construction Project", *International Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management and Maintenance of Building Structure*.
- Assaf, S.A., dan Al-Hejji, S., (2006), "Causes Delay in Large Construction Projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 24, hal. 349-357
- Asiyanto, (2005), *Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., dan Jaafar, A.H. (2009), "Attitude and Behavioral Factors in Waste Management in the Construction Industry of Malaysia", *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, 53(6), hal. 321-328.
- Bossink, B., dan Brouwers, H., (1996), "Construction Waste: Quantification And Source", *Journal of Construction Engineering and Management*, hal. 55-60.
- Cahyo, W.N., (2008), "Pendekatan Simulasi Monte Carlo untuk Pemilihan Alternatif dengan Decision Tree pada nilai Outcome yang Probabilistik" *Teknoin, Volume 13, Nomor 2*, hal. 11-17.
- Choy, W., dan Sidwell, A., (1991), Source of Variations in Australian Construction. *Building Economist*, hal. 25-30.
- CIRIA, (1999), "Standardisation And Pre-Assembly Adding Value To Construction Projects", *Report 176. CIRIA, London, UK*.
- Comission, I.E. (2006). *International Standard* (2nd ed.). Geneva, Switzerland: IEC.
- Danaher, (2000), "Using Fault Trees and Event Trees To Manage Risk", *Gibson Associates*, hal. 1-11.
- Ervianto, W.I. (2004), *Teori - Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.
- Fadjar, A. (2008), "Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek", *Jurnal SMARTek*, hal. 222 - 227.

- Foo, L.C., Abdul-Rahman, I., Asmi, A., Nagapan, S., dan Khalid, K.I., (2013), "Classification and Quantification of Construction Waste at Housing Project Site", *International Journal of Zero Waste Generation*, Vol 1, hal. 1-4.
- Franklin Associates, (1998), *Characterization of Building related Construction and Demolition Debris in USA*, Environmental Protection Agency (EPA).
- Graham, P., dan Smithers, G., (1996), "Construction Waste Minimisation for Australian Residential Development", *Asia Pacific Building and Construction Management Journal*, Vol. 2, No. 1, hal. 14-19.
- Grimaldi, S., Hillson, D., dan Rafele, C., (2005), "Understanding Project Risk Exposure Using the Two-Dimensional Risk Breakdown Matrix", *PMI Global Congress Proceedings*.
- Guthrie, P., dan Mallet, H. (1995), "Waste Minimisation and Recycling in Construction", *A Review CIRIA Special Publication 122*.
- Heizer, J. dan Render, B. (2001), *Operations Management 6th Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Illingworth, J. (1998). "Waste in Construction Process."
- Ingall, K. (2007), "Exploring Monte Carlo Simulation Applications For Project Management", *Risk Management*, hal. 44-57.
- Intan, S. (2005), "Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi: Sumber Penyebab, Kuantitas, dan Biaya", *Civil Engineering Dimension Vol. 7*, hal 36-45.
- Iriana, H. (2009), "Analisis Penanganan Material Waste pada Proyek Perumahan di Surabaya", *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah tahun 2009*, hal. 147-154
- Jailoon, L., Poon, C.S., dan Chiang, Y.H. (2009), "Quantifying The Waste Reduction Potential of Using Prefabrication in Building Construction in Hong Kong", *Waste Management*, hal. 309-320.
- Kaming P, Olomolaiye P, Holt G, Harris F. (1997), "Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Projects in Indonesia", *Construction Management Economy*, hal. 83–94.
- Lawton, T., Moore, P., Cox, K., dan Clark, J. (2002), "The Gammon Skanska Construction System", *Proceedings of the International Conference Advances in Building Technology*, Vol. 2, hal. 1073-1080.
- Nagapan, S., Rahman, I.A., dan Asmi, A. (2012), "Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste", *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*, 1, hal. 1-10.
- Osmani, M., Glass, J., dan Price, A. (2006), "Architect and Contractor Attitudes to Waste Minimisation", *Waste Resources Management*, hal. 65-72.
- Poon, C., dan Jaillon, L. (2002), "A Guide for Minimizing Construction and Demolition Waste at the Design Stage"
- Poon, C., Jaillon, L., dan Yu, A. (2004). "Reducing Building Waste at Construction Sites", *Construction Management and Economy*, hal. 461-470.
- Skoyles, E.F. (1976), "Material Wastage: A Misuse of Resources", *Building Research and Practice*, hal. 232-242.
- Sudaryono, (2012), *Statistika Probabilitas: Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta: ANDI

- Tatum, C., Vanegas, J., dan Williams, J. (1986), "Constructability Improvement Using Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation", *Technical Report 297. Construction Industry Institute, Stanford, USA*.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S.A. (1993), *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.






## Lampiran 1

Daftar Proyek Konstruksi Gedung di Kota Surabaya yang Menjadi Obyek Penelitian

No	Nama Proyek	Alamat
1	Proyek Pembangunan Grand Sengkono Lagoon	Jl. Abdul Wahab Siamin, Surabaya
2	Proyek Pembangunan Tunjungan Plaza 6	Jl. Embong Malang, Surabaya
3	Proyek Pembangunan The Samator Surabaya	Jl. Kedung Baruk 28, Surabaya
4	Proyek Pembangunan Apartemen Ciputra	Jl. Mayjen Sengkono 89, Surabaya
5	Proyek Swiss Bell Hotel Darmo	Jl. Bintoro, Surabaya
6	Proyek Pembangunan Supermall Pakuwon	Jl. Puncak Indah Lontar No. 2, Surabaya
7	Proyek Pembangunan Apartemen Ciputra	Jl. Mayjend Sengkono, Surabaya
8	Proyek Pembangunan Puncak Darma Husada	Jl. DR.Ir.H. Soekarno 9, Surabaya Timur
9	Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati	Jl. Mulyorejo Utara 201, Surabaya
10	Proyek Pembangunan Amaris Hotel Bintoro	Jl. Bintoro, Surabaya
11	Proyek Pembangunan Spazio Tower II	Jl. Mayjen Yono Suwoyo, Surabaya
12	Proyek Pembangunan Apartemen One Galaxy	Jl. Kertajaya Indah Timur, Surabaya



## Lampiran 2

	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi 2016
---	--

### KUISIONER PENELITIAN I

#### Judul Tesis

Analisa Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung  
dan Pengaruh Mitigasinya

Kuesioner ini dibuat sebagai bahan untuk menyelesaikan Tesis Program Magister Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Identitas responden dijamin kerahasiannya, maka responden diharapkan untuk mengisi kuesioner secara obyektif dan sebenar-benarnya.

#### Tujuan

Survei ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor- faktor apa saja yang dapat mempengaruhi adanya waste pada proyek di kota Surabaya. Hal ini dilakukan agar penggunaan sumber daya proyek dapat terpakai dengan maksimal.

#### Lingkup Penelitian

Proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

#### Responden

Manajer proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan Bapak/Ibu/ Saudara/i untuk mengisi kuisisioner ini. Kami sebagai peneliti berharap Bapak/ Ibu/Saudara/i tidak berkeberatan untuk dihubungi kembali apabila ada kekeliruan dalam pengisian kuisisioner ini atau peneliti membutuhkan keterangan tambahan.

#### Peneliti

Bramantya Fidiansyah Putra

Mahasiswa Program Pasca Sarjana

Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

### **A. Data Responden**

1. Nama Responden : .....
2. Jabatan saat ini : .....
3. Nama Proyek : .....
4. Alamat : .....
5. Telp / Fax / Email : .....

### **B. Pendahuluan**

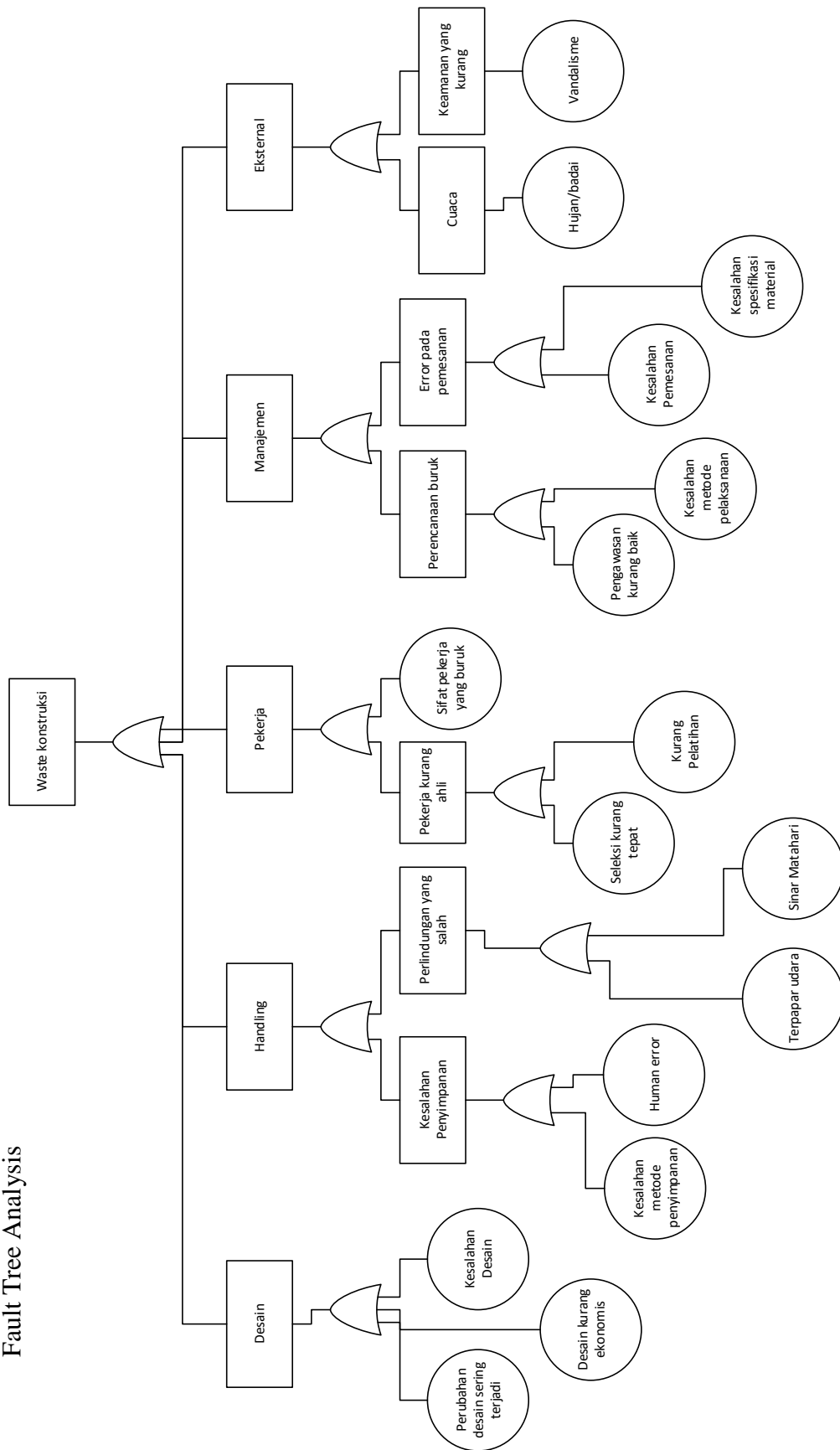
Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tentu tidak terlepas dari beberapa kendala. Kendala tersebut salah satunya adalah munculnya waste dalam pelaksanaan proyek. Waste yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat meliputi waste fisik maupun non-fisik. Waste fisik merupakan material atau hasil dari sebuah proses yang tidak bisa digunakan lagi dalam proses konstruksi. Banyak sekali faktor yang menjadi penyebab munculnya waste dalam suatu proyek konstruksi, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Dengan meminimalkan waste, maka perusahaan akan mendapat keuntungan sehingga biaya yang terserap dapat menjadi optimal tanpa ada yang terbuang sia – sia.

### **C. Petunjuk Kuisioner Probabilitas Kejadian dan Impact**

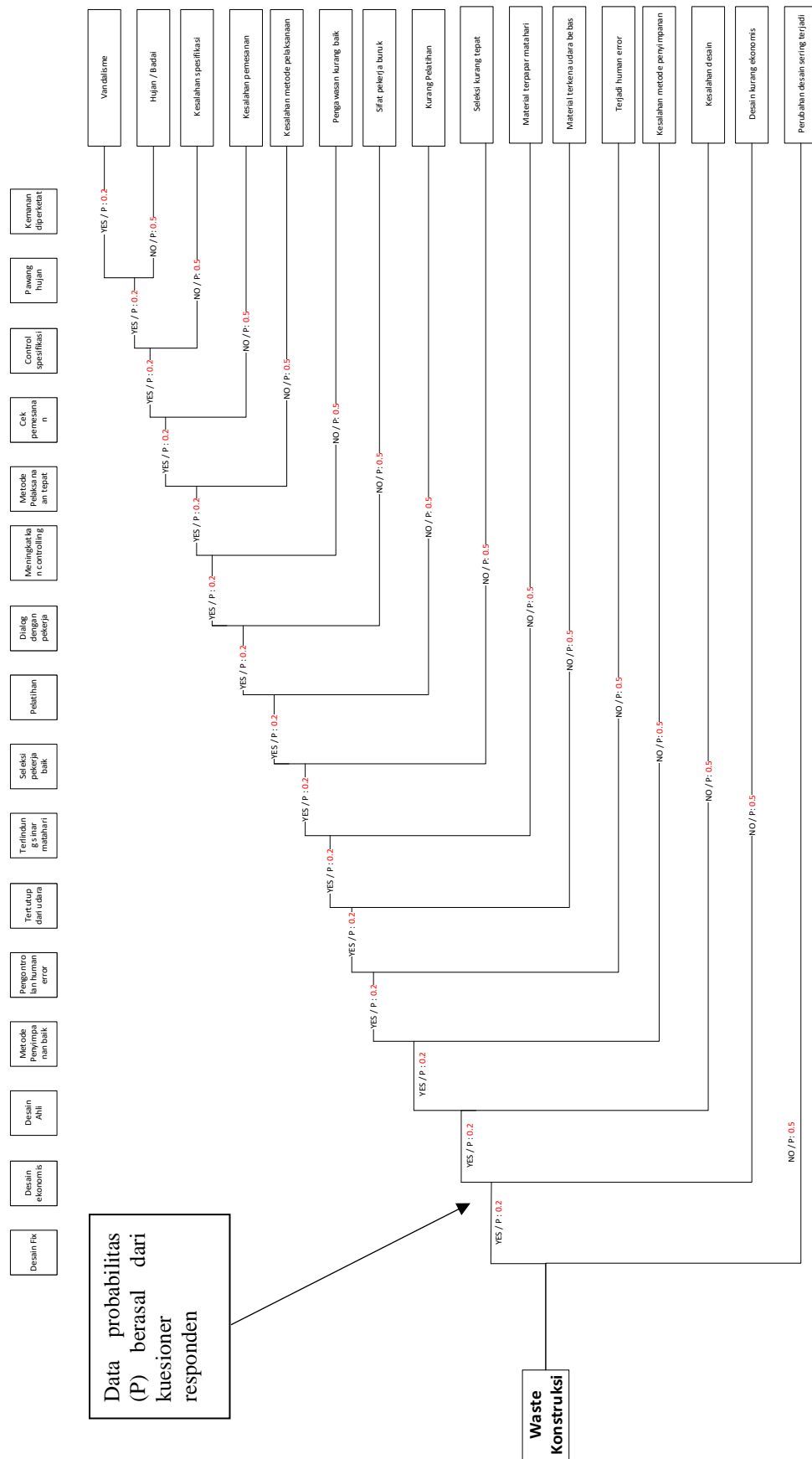
#### ***Petunjuk:***

1. Dibawah ini merupakan contoh skema Fault Tree Analysis dan Event Tree Analysis dari faktor penyebab waste konstruksi. Bapak/Ibu/Saudara/i dimohon untuk mengisikan faktor-faktor yang menyebabkan waste pada proyek yang Bapak/Ibu/Saudara/i sedang kerjakan pada Form Fault Tree.
2. Untuk membantu Bapak/Ibu/Saudara/i, telah disediakan beberapa variabel penyebab material waste berdasarkan literatur. Apabila terdapat variabel penyebab yang belum ada, dapat ditambahkan langsung pada skema Fault Tree.

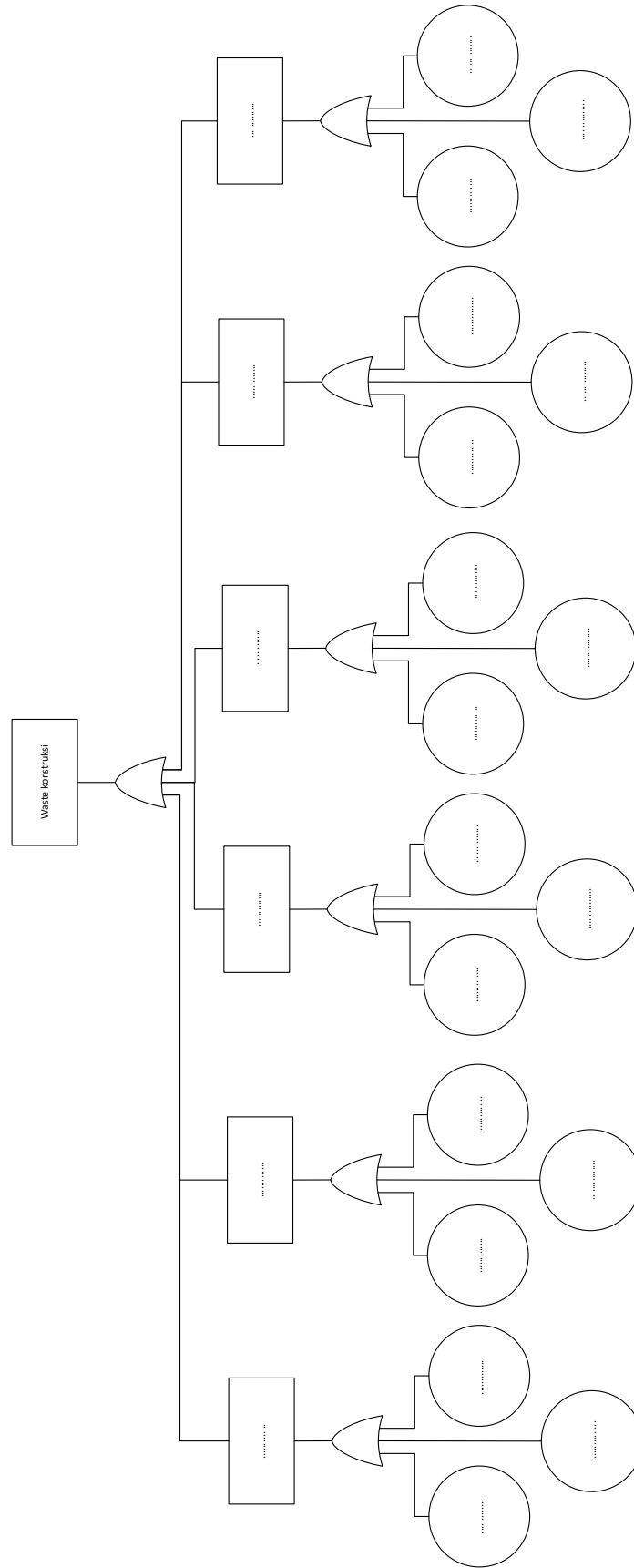
## Fault Tree Analysis



## Event Tree Analysis



## Form Fault Tree






**Contoh Variabel Penyebab Waste**

<b>No</b>	<b>Variabel</b>
1	Kesalahan Desain
2	Perubahan Desain
3	Kesalahan Pemesanan
4	Desain Tidak Ekonomis
5	Pemesanan Yang Berlebihan
6	Pemesanan Material Harus Dalam Jumlah Tertentu
7	Pemesanan Material Tidak Memenuhi Spesifikasi
8	Kerusakan Selama Pengangkutan Material
9	Penanganan Material Yang Tidak Benar
10	Penyimpanan Material Yang Tidak Benar
11	Kesalahan Pekerja
12	Pekerja Tidak Ahli
13	Kecelakaan Pekerjaan
14	Perusakan/ Vandalisme
15	Pencurian

### Lampiran 3

	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi 2016
---	--

#### KUISIONER PENELITIAN II

##### Judul Tesis

Analisa Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung  
dan Pengaruh Mitigasinya

Kuesioner ini dibuat sebagai bahan untuk menyelesaikan Tesis Program Magister Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Identitas responden dijamin kerahasiannya, maka responden diharapkan untuk mengisi kuesioner secara obyektif dan sebenar-benarnya.

##### Tujuan

Survei ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor- faktor apa saja yang dapat mempengaruhi adanya waste pada proyek di kota Surabaya. Hal ini dilakukan agar penggunaan sumber daya proyek dapat terpakai dengan maksimal.

##### Lingkup Penelitian

Proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

##### Responden

Manajer proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan Bapak/Ibu/ Saudara/i untuk mengisi kuisisioner ini. Kami sebagai peneliti berharap Bapak/ Ibu/Saudara/i tidak berkeberatan untuk dihubungi kembali apabila ada kekeliruan dalam pengisian kuisisioner ini atau peneliti membutuhkan keterangan tambahan.

##### Peneliti

Bramantya Fidiansyah Putra

Mahasiswa Program Pasca Sarjana

Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

### **A. Data Responden**

1. Nama Responden : .....
2. Jabatan saat ini : .....
3. Nama Proyek : .....
4. Alamat : .....
5. Telp / Fax / Email : .....
6. Nilai proyek : .....
7. Progres proyek saat ini : .....

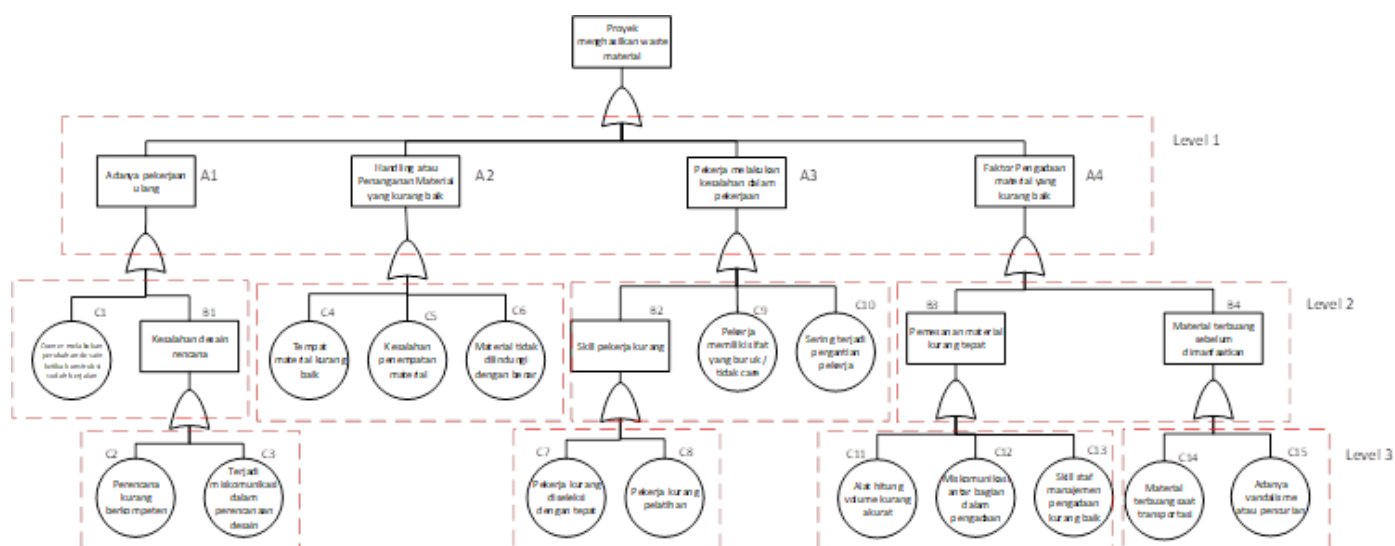
### **B. Pendahuluan**

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tentu tidak terlepas dari beberapa kendala. Kendala tersebut salah satunya adalah munculnya waste dalam pelaksanaan proyek. Waste yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat meliputi waste fisik maupun non-fisik. Waste fisik merupakan material atau hasil dari sebuah proses yang tidak bisa digunakan lagi dalam proses konstruksi. Banyak sekali faktor yang menjadi penyebab munculnya waste dalam suatu proyek konstruksi, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Dengan meminimalkan waste, maka perusahaan akan mendapat keuntungan sehingga biaya yang terserap dapat menjadi optimal tanpa ada yang terbuang sia – sia.

### **C. Petunjuk Kuisioner Probabilitas dan Impact**

#### ***Petunjuk:***

1. Dibawah ini merupakan skema pohon faktor penyebab adanya waste konstruksi. Bapak / Ibu / Saudara / i dimohon untuk mengisi probabilitas dari faktor waste tersebut.
2. Pada pertanyaan di bawah, Bapak/Ibu/Saudara/i dapat mengisi dengan angka pada kolom probabilitas dengan nilai probabilitas dari setiap segmen, sehingga berjumlah 100 persen untuk setiap segmen.
3. Impact atau dampak merupakan akibat yang dihasilkan apabila variabel tersebut terjadi. Dampak ini dinyatakan dalam nominal biaya sebagai konsekuensi atas terjadinya variabel tersebut




Kejadian	Level	Kode	Probabilitas
Adanya pekerjaan ulang	1	A1	
Handling atau Penanganan Material yang kurang baik	1	A2	
Pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan	1	A3	
Faktor Pengadaan material yang kurang baik	1	A4	
Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	2	C1	
Kesalahan desain rencana	2	B1	
Tempat material kurang baik	2	C4	
Kesalahan penempatan material	2	C5	
Material tidak dilindungi dengan benar	2	C6	
Skill pekerja kurang	2	B2	
Pekerja memiliki sifat yang buruk / tidak care	2	C9	
Sering terjadi pergantian pekerja	2	C10	
Pemesanan material kurang tepat	2	B3	
Material terbuang sebelum dimanfaatkan	2	B4	
Perencana kurang berkompeten	3	C2	
Terdiskomunikasi dalam perencanaan desain	3	C3	

Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	3	C7	
Pekerja kurang pelatihan	3	C8	
Alat hitung volume kurang akurat	3	C11	
Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	3	C12	
Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	3	C13	
Material terbuang / tercecer saat transportasi	3	C14	
Adanya vandalisme atau pencurian	3	C15	

#### Variabel Penyebab Waste Material dan Nilai Dampaknya

Kategori	Variabel	Dampak	Nilai Dampak
Desain	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan		
	Perencana kurang berkompeten		
	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain		
Handling	Tempat material kurang baik		
	Kesalahan penempatan material		
	Material tidak dilindungi dengan benar		
Pekerja	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk		
	Sering terjadi pergantian pekerja		
	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat		
	Pekerja kurang pelatihan		
Pengadaan	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik		
	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume		
	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan		
	Material terbuang / tercecer saat transportasi		
	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian		

#### Lampiran 4

	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi 2017
---	--

### KUISIONER PENELITIAN III

#### Judul Tesis

Analisa Faktor Penyebab Waste pada Proyek Konstruksi Gedung  
dan Pengaruh Mitigasinya

Kuesioner ini dibuat sebagai bahan untuk menyelesaikan Tesis Program Magister Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Identitas responden dijamin kerahasiannya, maka responden diharap untuk mengisi kuesioner secara obyektif dan sebenar-benarnya.

#### Tujuan

Survei ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor- faktor apa saja yang dapat mempengaruhi adanya waste pada proyek di kota Surabaya. Hal ini dilakukan agar penggunaan sumber daya proyek dapat terpakai dengan maksimal.

#### Lingkup Penelitian

Proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

#### Responden

Manajer proyek konstruksi gedung di Kota Surabaya

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan Bapak/Ibu/ Saudara/i untuk mengisi kuisisioner ini. Kami sebagai peneliti berharap Bapak/ Ibu/Saudara/i tidak berkeberatan untuk dihubungi kembali apabila ada kekeliruan dalam pengisian kuisisioner ini atau peneliti membutuhkan keterangan tambahan.

#### Peneliti

Bramantya Fidiansyah Putra ( 081217537762 / bramantya.fidiansyah@gmail.com)  
Mahasiswa Program Pasca Sarjana  
Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

### **A. Data Responden**

8. Nama Responden : .....
9. Jabatan saat ini : .....
10. Nama Proyek : .....
11. Alamat : .....
12. Telp / Fax / Email : .....
13. Nilai proyek : .....
14. Progres proyek saat ini : .....

### **B. Pendahuluan**

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tentu tidak terlepas dari beberapa kendala. Kendala tersebut salah satunya adalah munculnya waste dalam pelaksanaan proyek. Waste yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat meliputi waste fisik maupun non-fisik. Waste fisik merupakan material atau hasil dari sebuah proses yang tidak bisa digunakan lagi dalam proses konstruksi. Banyak sekali faktor yang menjadi penyebab munculnya waste dalam suatu proyek konstruksi, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Dengan meminimalkan waste, maka perusahaan akan mendapat keuntungan sehingga biaya yang terserap dapat menjadi optimal tanpa ada yang terbuang sia – sia.

### **C. Petunjuk Kuisisioner Probabilitas dan Impact**

#### ***Petunjuk:***

1. Dibawah ini adalah faktor penyebab terbesar yang merupakan hasil perhitungan dari tahap kuisisioner sebelumnya.
2. Pada kuisisioner tahap 3 ini, responden diminta untuk mengisi :
  - bentuk pencegahan atau mitigasi dari setiap faktor penyebab terjadinya waste proyek,
  - besarnya biaya yang dibutuhkan untuk melakukan mitigasi tersebut,
  - probabilitas keberhasilan dari bentuk mitigasi tersebut. (0,00% - 100%)
  - seberapa besar pengurangan nilai dampak penyebab waste setelah dilakukan mitigasi
  - seberapa besar pengurangan probabilitas penyebab waste setelah dilakukan mitigasi

Pada langkah sebelumnya telah dilakukan pengolahan nilai probabilitas dan dampak yang diakibatkan oleh faktor penyebab waste. 3 faktor penyebab waste terbesar yang dihasilkan pada langkah tersebut adalah :

**1. Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan**

Apabila pihak owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan maka dibutuhkan **pembongkaran dan pekerjaan ulang atau rework**, dengan demikian maka material yang sudah terpakai akan menjadi barang yang terbuang sia-sia.

Untuk mencegah atau mengurangi dampak tersebut maka mitigasi atau langkah yang perlu dilakukan adalah :

<b>Alternatif A :</b>  Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b> 1. 2. 3.	<b>Biaya Kegiatan :</b> 1. 2. 3.
<b>Alternatif B :</b>  Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b> 1. 2. 3.	<b>Biaya Kegiatan :</b> 1. 2. 3.

Alternatif diatas memberikan efek pengurangan terhadap nilai dampak tanpa mitigasi (pencegahan) sebesar \_\_\_\_ % dan/atau mengurangi kemungkinan munculnya faktor penyebab waste diatas sebesar \_\_\_\_ %



## 2. Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain

Adanya kesalah pahaman atau miskomunikasi dalam perencanaan desain dapat menyebabkan kesalahan pekerjaan, **sehingga diperlukan pekerjaan ulang atau rework** untuk selanjutnya diperbaiki, dengan demikian maka material yang sudah terpakai akan menjadi barang yang terbuang sia-sia.

Untuk mencegah atau mengurangi dampak yang dihasilkan maka mitigasi atau langkah yang perlu dilakukan adalah :

<b>Alternatif A :</b> (Contoh : Meningkatkan Komunikasi)	
Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b> 1. (Contoh: Mengadakan rapat rutin) 2. 3.	<b>Biaya Kegiatan :</b> 1. 2. 3.
<b>Alternatif B :</b>	
Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b> 1. 2. 3.	<b>Biaya Kegiatan :</b> 1. 2. 3.

Alternatif diatas memberikan efek pengurangan terhadap nilai dampak tanpa mitigasi (pencegahan) sebesar \_\_\_\_ % atau dan mengurangi kemungkinan munculnya faktor penyebab tersebut sebesar \_\_\_\_ %

### 3. Material tidak dilindungi dengan benar

Material yang tidak dilindungi dengan baik akan **menyebabkan kerusakan material** tersebut sehingga material tersebut akan terbuang sia-sia karena tidak dapat digunakan.

Untuk mencegah atau mengurangi dampak yang dihasilkan maka mitigasi atau langkah yang perlu dilakukan adalah :

<b>Alternatif A :</b>     Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b>  1.  2.  3.	<b>Biaya Kegiatan :</b>  1.  2.  3.
<b>Alternatif B :</b>     Dengan kemungkinan keberhasilan ..... %	
<b>Bentuk Kegiatannya :</b>  1.  2.  3.	<b>Biaya Kegiatan :</b>  1.  2.  3.

Alternatif diatas memberikan efek pengurangan terhadap nilai dampak tanpa mitigasi (pencegahan) sebesar \_\_\_\_ % atau dan mengurangi kemungkinan munculnya faktor penyebab tersebut sebesar \_\_\_\_ %



## Lampiran 5

### Probabilitas Kejadian Penyebab Waste Material Pada Proyek

Kode	Basic Event	Swiss Bell Hotel Darmo	Apartemen Puncak Dharmahusada	Apartemen Pavillon Permata 2	Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon	Apartemen Ciputra	Tunjungan Plaza 6
C1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	0,65	0,70	0,30	0,50	0,80	0,50
C2	Perencana kurang berkompeten	0,40	0,30	0,10	0,50	0,50	0,50
C3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	0,60	0,70	0,30	0,50	0,50	0,50
C4	Tempat material kurang baik	0,30	0,60	0,80	0,30	0,30	0,40
C5	Kesalahan penempatan material	0,35	0,10	0,50	0,35	0,35	0,20
C6	Material tidak dilindungi dengan benar	0,35	0,30	0,80	0,35	0,35	0,40
C7	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	0,50	0,60	0,05	0,50	0,50	0,60
C8	Pekerja kurang pelatihan	0,50	0,40	0,70	0,50	0,50	0,40
C9	Pekerja memiliki sifat yang buruk / tidak care	0,30	0,40	0,95	0,35	0,25	0,50
C10	Sering terjadi pergantian pekerja	0,40	0,10	0,30	0,45	0,50	0,10
C11	Alat hitung volume kurang akurat	0,30	0,10	0,10	0,25	0,30	0,20
C12	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	0,40	0,40	0,05	0,50	0,40	0,30
C13	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	0,30	0,50	0,75	0,25	0,30	0,50
C14	Material terbuang saat transportasi	0,50	0,95	0,10	0,35	0,40	0,30
C15	Adanya vandalisme atau pencurian	0,50	0,05	0,25	0,65	0,60	0,70









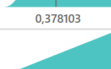





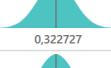











  

Kode	Basic Event	Apartemen Taman Melati	The Samator	Amaris Hotel Bintoro	One Galaxy Apartemen	Supermall Pakuwon	Spazio Tower II
C1	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	0,30	0,60	0,50	0,50	0,80	0,80
C2	Perencana kurang berkompeten	0,50	0,30	0,50	0,50	0,30	0,45
C3	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	0,50	0,70	0,50	0,50	0,70	0,55
C4	Tempat material kurang baik	0,50	0,50	0,25	0,30	0,30	0,30
C5	Kesalahan penempatan material	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	0,20
C6	Material tidak dilindungi dengan benar	0,20	0,20	0,60	0,40	0,40	0,50
C7	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	0,50	0,40	0,30	0,50	0,50	0,35
C8	Pekerja kurang pelatihan	0,50	0,60	0,70	0,50	0,50	0,65
C9	Pekerja memiliki sifat yang buruk / tidak care	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40	0,15
C10	Sering terjadi pergantian pekerja	0,10	0,40	0,20	0,40	0,30	0,70
C11	Alat hitung volume kurang akurat	0,10	0,30	0,10	0,45	0,30	0,15
C12	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	0,40	0,40	0,60	0,45	0,40	0,70
C13	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	0,50	0,30	0,30	0,10	0,30	0,15
C14	Material terbuang saat transportasi	0,25	0,70	0,25	0,50	0,70	0,50
C15	Adanya vandalisme atau pencurian	0,75	0,30	0,75	0,50	0,30	0,50

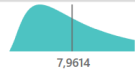

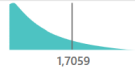

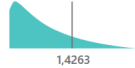



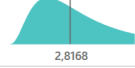



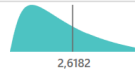



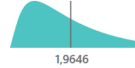

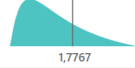



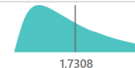

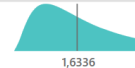

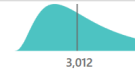





## Lampiran 6

### Hasil Distribution Fitted untuk Data Probabilitas Basic Event

X Name	Distribution	Parameters			Preview	Actions
C1	Normal	Mean	St Dev			
		0,572727	0,176279		0,572727	
C2	Lognormal	Location	Scale			
		-0,988354	0,469584		0,372189	
C3	Normal	Mean	St Dev			
		0,540909	0,114452		0,540909	
C4	Normal	Mean	St Dev			
		0,413636	0,162496		0,413636	
C5	Normal	Mean	St Dev			
		0,277273	0,105235		0,277273	
C6	Lognormal	Location	Scale			
		-0,972589	0,397619		0,378103	
C7	Triangular	Lower	Mode	Upper		
		0,044316	0,61029	0,642097	0,61029	
C8	Triangular	Lower	Mode	Upper		
		0,399999	0,4	0,792564	0,4	
C9	Lognormal	Location	Scale			
		-1,0137	0,43274		0,362874	
C10	Normal	Mean	St Dev			
		0,322727	0,182612		0,322727	
C11	Normal	Mean	St Dev			
		0,213636	0,110969		0,213636	
C11	Normal	Mean	St Dev			
		0,213636	0,110969		0,213636	
C12	Weibull	Shape	Scale	Threshold		
		6,1566	0,899089	-0,418309	-0,418309	
C13	Triangular	Lower	Mode	Upper		
		0,099933	0,1	0,858724	0,1	
C14	Weibull	Shape	Scale	Threshold		
		1,6793	0,440823	0,059853	0,059853	
C15	Normal	Mean	St Dev			
		0,486364	0,221658		0,486364	

## Hasil Distribution Fitted untuk Data Dampak Basic Event

X Name	Distribution	Parameters		Preview	Actions	
Dampak C1	Lognormal	Location 2,0746	Scale 0,808886			
Dampak C2	Lognormal	Location 0,534095	Scale 1,5042			
Dampak C3	Lognormal	Location 0,355058	Scale 1,3874			
Dampak C4	Normal	Mean 3,5986	St Dev 2,6869			
Dampak C5	Lognormal	Location 1,0356	Scale 0,650629			
Dampak C6	Normal	Mean 3,4643	St Dev 2,3271			
Dampak C7	Lognormal	Location 0,962484	Scale 0,968585			
Dampak C8	Normal	Mean 2,9386	St Dev 1,7245			
Dampak C9	Lognormal	Location 0,675271	Scale 0,904436			
Dampak C10	Lognormal	Location 0,574769	Scale 1,0102			
Dampak C11	Lognormal	Location 0,789205	Scale 0,76348			
Dampak C12	Lognormal	Location 0,548585	Scale 0,900481			
Dampak C13	Lognormal	Location 0,4908	Scale 0,790143			
Dampak C14	Lognormal	Location 1,1026	Scale 0,63783			
Dampak C15	Weibull	Shape 0,361035	Scale 0,873402	Threshold 0,97		

## Lampiran 7

### Nilai Dampak Penyebab Waste Material Pada Proyek

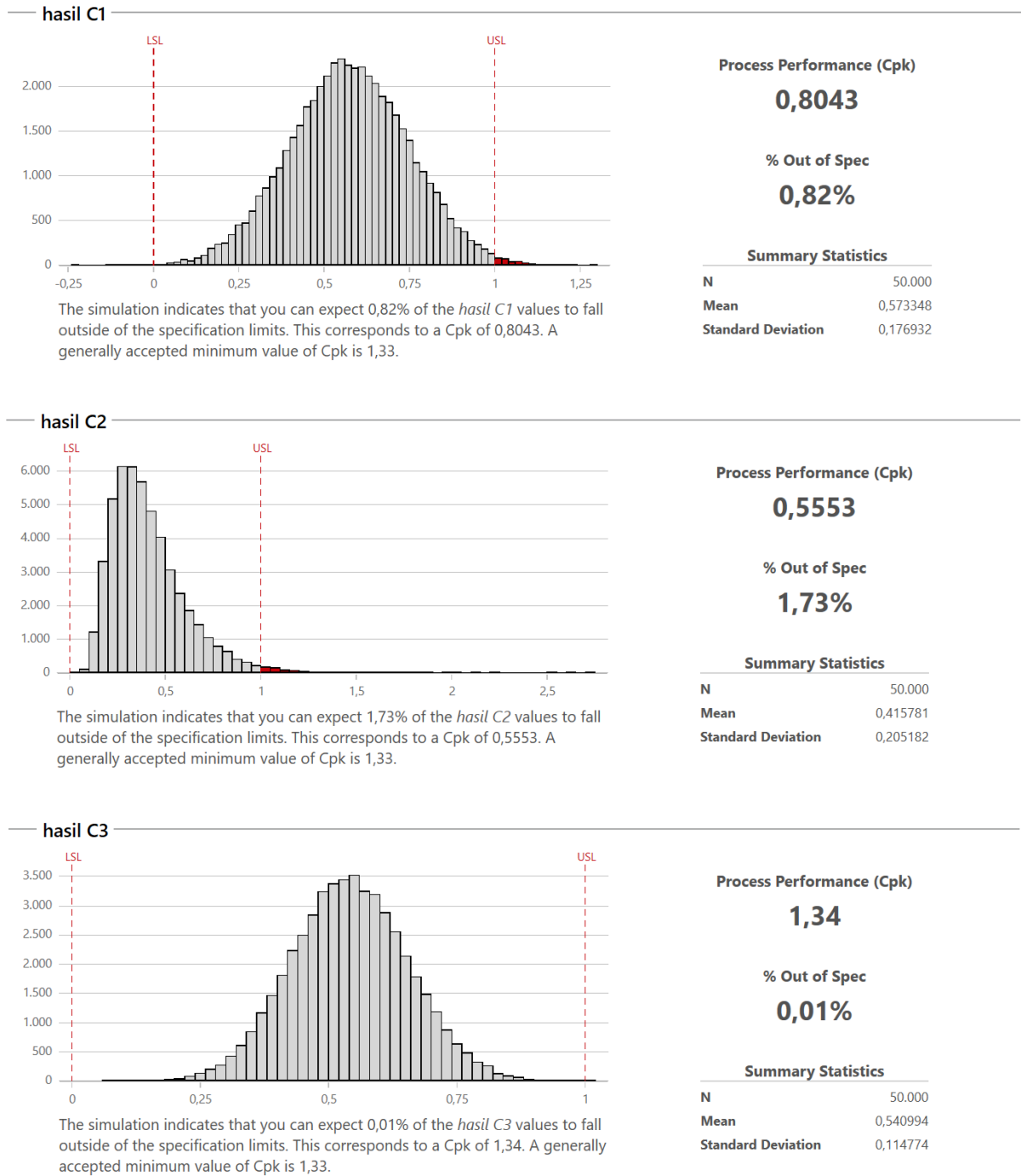
Kategori	Variabel	Apartemen Puncak Dharmahusa	Apartemen Paviliun Permata 2	Tower Caspian Grand	Apartemen Ciputra	Tunjungan Plaza 6	Amaris Hotel Bintoro	Pakuwon Supermall	Spazio Tower II
Desain	Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan	5,30%	4,84%	15,00%	15,00%	2,00%	10,34%	4,00%	22,50%
	Perencana kurang berkompeten	4,55%	6,77%	0,20%	0,20%	1,00%	6,90%	3,00%	7,50%
	Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain	5,30%	2,90%	0,20%	0,20%	1,00%	3,45%	3,00%	10,00%
Handling	Tempat material kurang baik	10,61%	7,74%	1,25%	1,25%	1,00%	3,45%	3,00%	7,50%
	Kesalahan penempatan material	2,27%	5,80%	1,25%	1,25%	2,00%	3,45%	3,00%	7,50%
	Material tidak dilindungi dengan benar	2,27%	5,80%	1,25%	1,25%	1,00%	3,45%	4,00%	7,50%
Pekerja	Pekerja tidak care atau memiliki sifat yang buruk	7,58%	7,25%	0,75%	0,75%	2,00%	5,17%	2,00%	10,00%
	Sering terjadi pergantian pekerja	3,79%	2,90%	0,75%	0,75%	2,00%	5,17%	4,00%	5,00%
	Pekerja kurang diseleksi dengan tepat	1,52%	0,97%	0,75%	0,75%	2,00%	6,90%	2,00%	7,50%
	Pekerja kurang pelatihan	2,27%	0,48%	0,75%	0,75%	2,00%	6,90%	2,00%	7,50%
Pengadaan	Skill staf manajemen pengadaan kurang baik	6,06%	0,97%	1,25%	1,25%	2,00%	10,34%	2,00%	4,00%
	Alat hitung kurang akurat menyebabkan salah hitung volume	3,03%	0,48%	1,25%	1,25%	1,00%	10,34%	2,00%	3,00%
	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	3,03%	0,48%	1,25%	1,25%	1,00%	6,90%	2,00%	3,00%
	Material terbuang / tercecer saat transportasi	0,76%	0,97%	3,41%	2,63%	2,00%	8,62%	5,00%	3,00%
	Material terbuang karena vandalisme atau pencurian	0,76%	0,97%	1,25%	1,25%	1,00%	1,72%	2,00%	3,00%



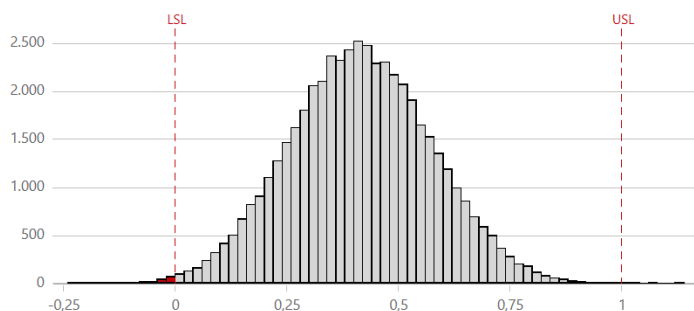


Lampiran 8

Hasil Output Monte Carlo Basic Event dengan Program Companion by Minitab



#### hasil C4



The simulation indicates that you can expect 0,55% of the *hasil C4* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,8293. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,8293**

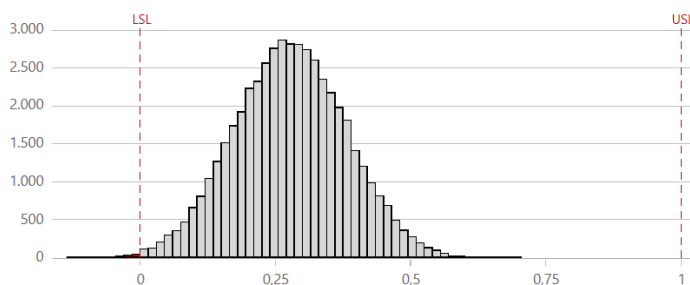
#### % Out of Spec

**0,55%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,414748
<b>Standard Deviation</b>	0,162332

#### hasil C5



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 0,38% of the *hasil C5* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,8806. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,8806**

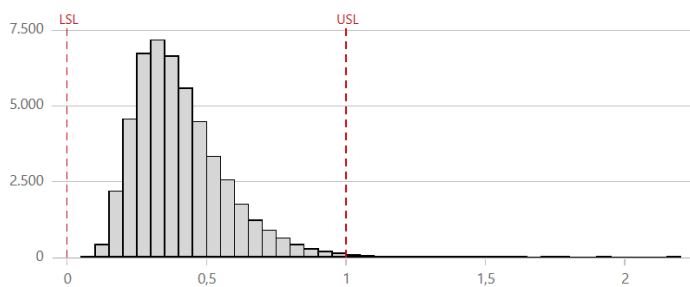
#### % Out of Spec

**0,38%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,277243
<b>Standard Deviation</b>	0,105068

#### hasil C6



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 0,71% of the *hasil C6* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,7318. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,7318**

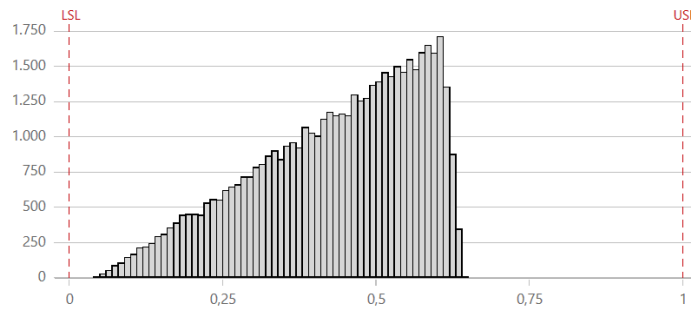
#### % Out of Spec

**0,71%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,409744
<b>Standard Deviation</b>	0,169409

### hasil C7



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *hasil C7* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,17. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,17**

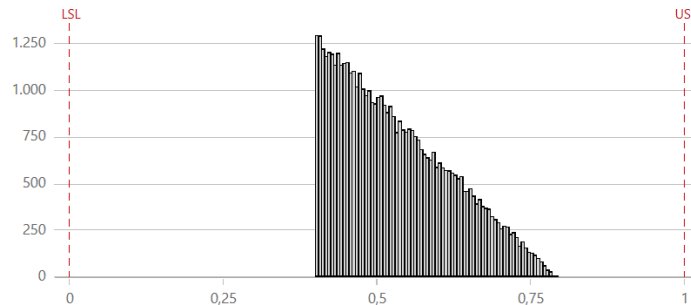
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,432946
<b>Standard Deviation</b>	0,13659

### hasil C8



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *hasil C8* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,85. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,85**

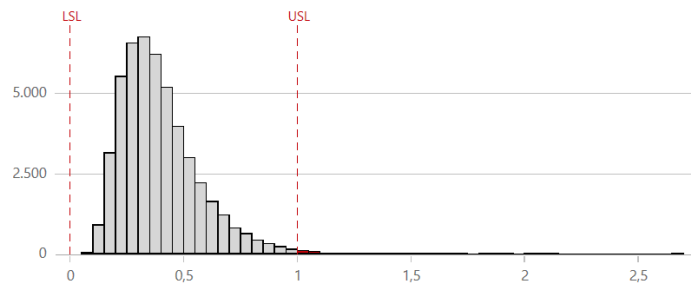
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,530128
<b>Standard Deviation</b>	0,092402

### hasil C9



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 1,05% of the *hasil C9* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,6493. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,6493**

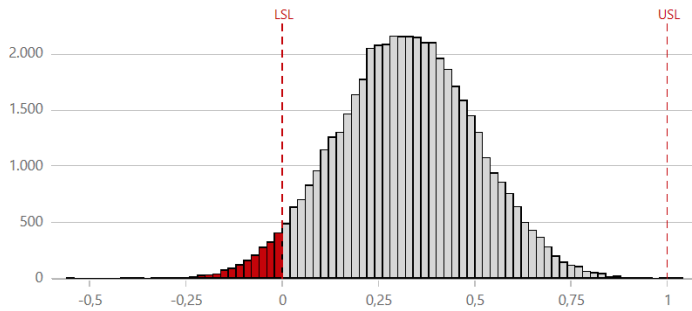
#### % Out of Spec

**1,05%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,399952
<b>Standard Deviation</b>	0,182773

#### hasil C10



The simulation indicates that you can expect 3,85% of the *hasil C10* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,5946. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,5946**

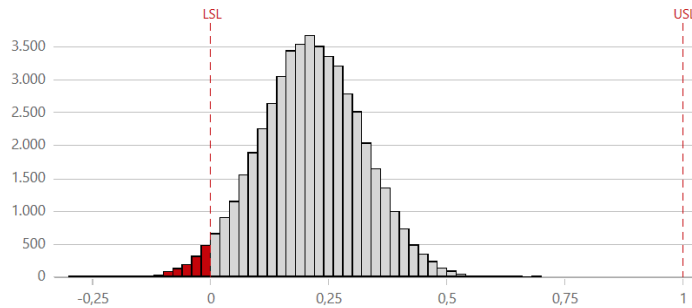
#### % Out of Spec

**3,85%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	0,322143
Standard Deviation	0,181635

#### hasil C11



The simulation indicates that you can expect 2,70% of the *hasil C11* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,6559. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,6559**

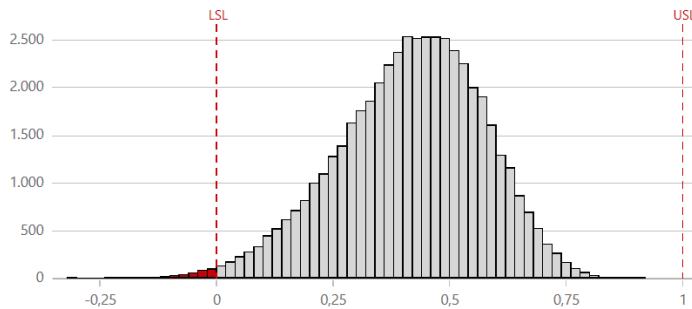
#### % Out of Spec

**2,70%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	0,213482
Standard Deviation	0,110199

#### hasil C12



The simulation indicates that you can expect 0,86% of the *hasil C12* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,8053. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,8053**

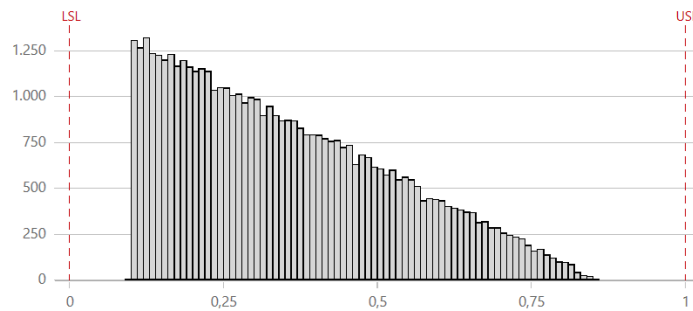
#### % Out of Spec

**0,86%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	0,416188
Standard Deviation	0,157519

### hasil C13



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *hasil C13* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,34. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,34**

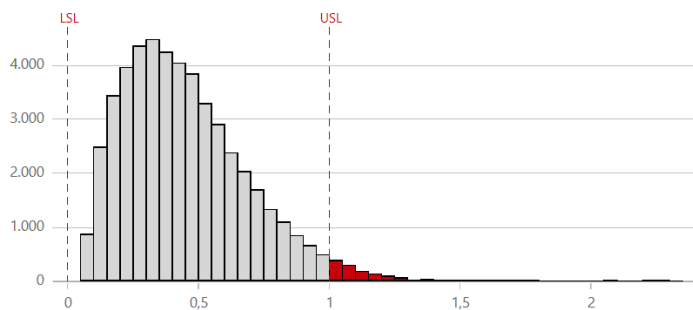
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,352281
<b>Standard Deviation</b>	0,178576

### hasil C14



The simulation indicates that you can expect 2,79% of the *hasil C14* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,5912. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,5912**

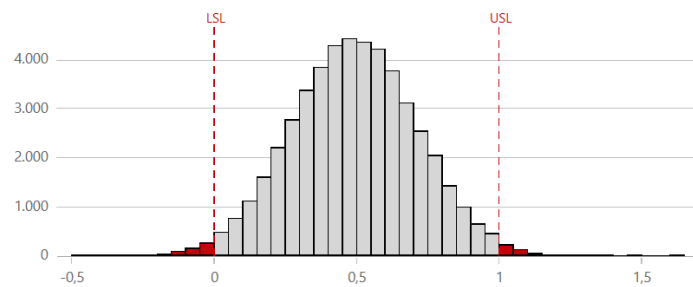
#### % Out of Spec

**2,79%**

#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,451723
<b>Standard Deviation</b>	0,239811

### hasil C15



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 2,37% of the *hasil C15* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,733. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,733**

#### % Out of Spec

**2,37%**

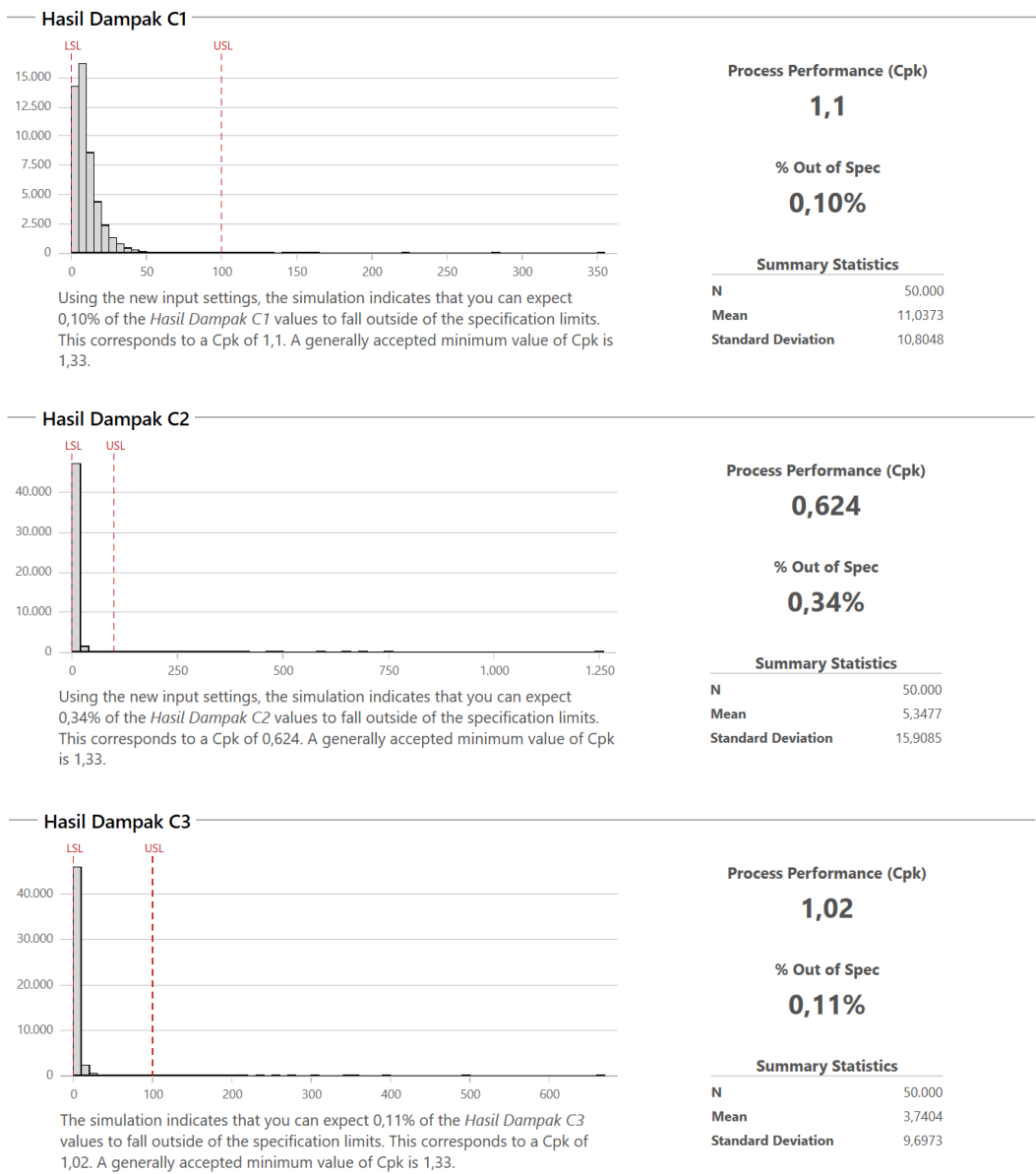
#### Summary Statistics

<b>N</b>	50.000
<b>Mean</b>	0,492012
<b>Standard Deviation</b>	0,222208



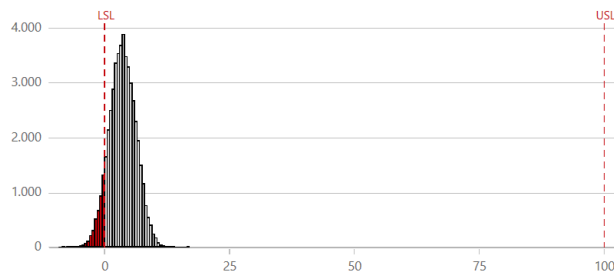
Lampiran 9

Hasil Output Monte Carlo Dampak Basic Event dengan Program Companion by Minitab





#### Hasil Dampak C4



The simulation indicates that you can expect 8,79% of the *Hasil Dampak C4* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,4389. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,4389**

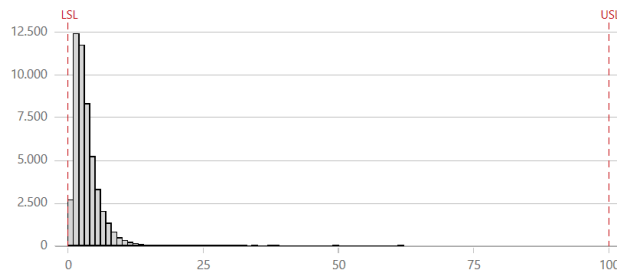
#### % Out of Spec

**8,79%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	3,6088
Standard Deviation	2,6748

#### Hasil Dampak C5



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C5* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,16. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,16**

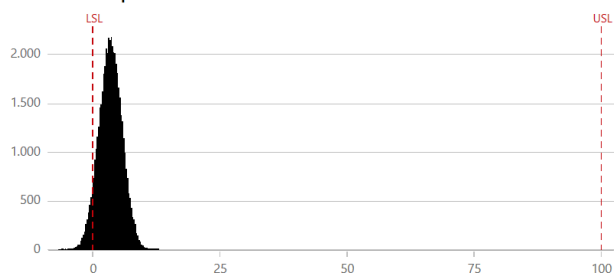
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	3,4807
Standard Deviation	2,5714

#### Hasil Dampak C6



The simulation indicates that you can expect 6,84% of the *Hasil Dampak C6* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,4978. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,4978**

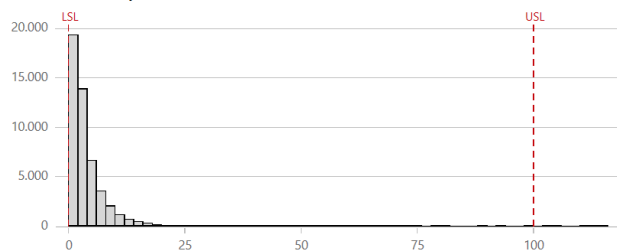
#### % Out of Spec

**6,84%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	3,4728
Standard Deviation	2,3259

#### Hasil Dampak C7



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 0,01% of the *Hasil Dampak C7* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,06. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,06**

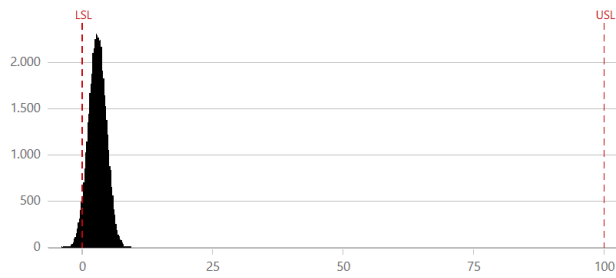
#### % Out of Spec

**0,01%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	4,2063
Standard Deviation	5,2394

#### Hasil Dampak C8



The simulation indicates that you can expect 4,53% of the *Hasil Dampak C8* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 0,5769. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**0,5769**

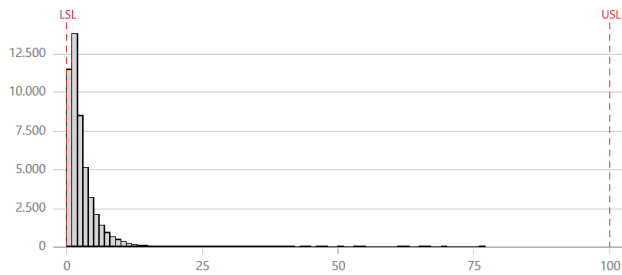
#### % Out of Spec

**4,53%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,9338
Standard Deviation	1,722

#### Hasil Dampak C9



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C9* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,07. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,07**

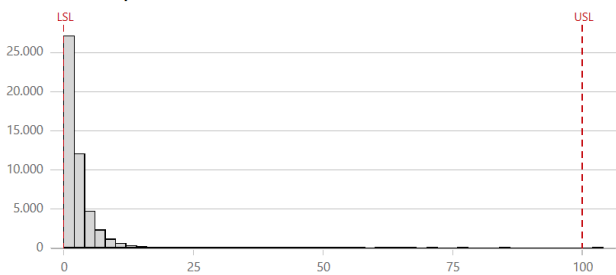
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,963
Standard Deviation	3,317

#### Hasil Dampak C10



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C10* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,05. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,05**

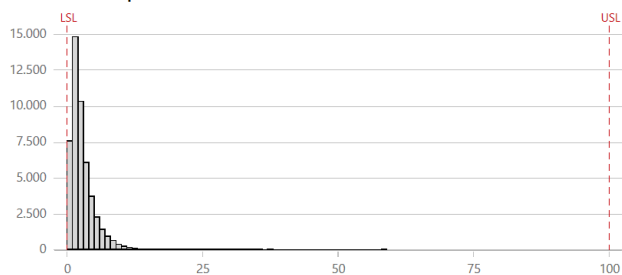
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,9767
Standard Deviation	3,8728

#### Hasil Dampak C11



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C11* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,12. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,12**

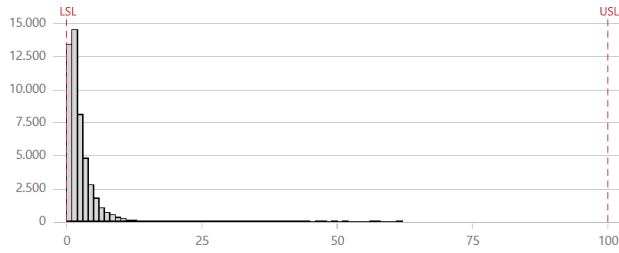
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,9514
Standard Deviation	2,6252

#### Hasil Dampak C12



Using the new input settings, the simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C12* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,07. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,07**

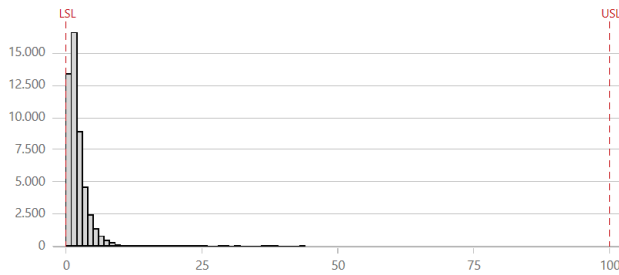
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,6115
Standard Deviation	2,9067

#### Hasil Dampak C13



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C13* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,1. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,1**

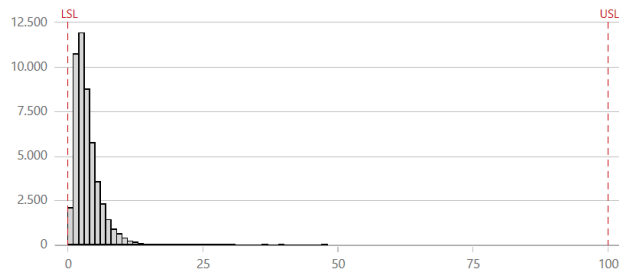
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,2239
Standard Deviation	2,0492

#### Hasil Dampak C14



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C14* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 1,18. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**1,18**

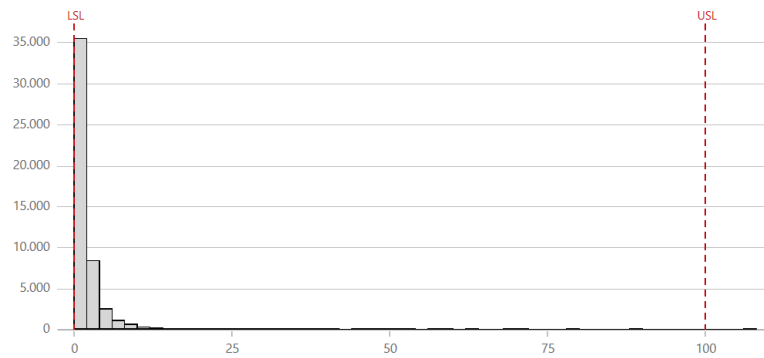
#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	3,6745
Standard Deviation	2,5798

### Hasil Dampak C15



The simulation indicates that you can expect 0,00% of the *Hasil Dampak C15* values to fall outside of the specification limits. This corresponds to a Cpk of 3,29. A generally accepted minimum value of Cpk is 1,33.

#### Process Performance (Cpk)

**3,29**

#### % Out of Spec

**0,00%**

#### Summary Statistics

N	50.000
Mean	2,3349
Standard Deviation	3,1618



## Lampiran 10

### 1. Perhitungan Mitigasi Faktor Penyebab Waste “Owner melakukan perubahan desain ketika konstruksi sudah berjalan”

No	Mitigasi	Lokasi	Bentuk Kegiatan Mitigasi	Keterangan Biaya Mitigasi	Biaya Mitigasi	Rata-rata Biaya Mitigasi	Probabilitas Suksesnya Mitigasi	Probabilitas Gagalnya Mitigasi
1	Membuat kesepakatan / perjanjian bersama antara kontraktor dan owner	Apartemen Puncak Dharmahusada	membuat alur kerja yang disebut IK Change sebelum proyek dimulai (IK Change VO) yang disepakati bersama kontraktor dan owner	biaya ATK	0,001%	0,001%	0,80	0,20
2	Review Design dan Gambar Struktur, Arsitek dan MEP dengan VE ( Value Engineering )	Apartemen Paviliun Permata 2	1. Mereview Design total Struktur, Arsitek, MEP 2. Melakukan DED ( Detail Engineering Drawing ) 3. Super Impose gambar antara STR/ARS/MEP	0,5 s/d 2% dari kontrak	1,25%	1,00%	0,80	0,20
		The Samator	Mengajukan hitungan perubahan desain yang lebih ekonomis	0,5 s/d 2% dari kontrak	1,25%		0,60	0,40

No	Mitigasi	Pengurangan Nilai Dampak Setelah Mitigasi		Pengurangan Nilai Probabilitas Kejadian Penyebab Waste setelah Mitigasi		Nilai Dampak Setelah Mitigasi	Nilai Probabilitas Setelah Mitigasi	EMV Dampak Terpengaruh Mitigasi	Dampak * Prob Sukses Mitigasi (A)	Dampak * Prob Gagal Mitigasi (B)	Selisih (A) dan (B)
1	Membuat kesepakatan / perjanjian bersama antara kontraktor dan owner	-27,50%		-27,50%		8,00%	0,41	3,3%	2,64%	0,66%	1,98%
2	Review Design dan Gambar Struktur, Arsitek dan MEP dengan VE ( Value Engineering )	-27,50%	-14%	-27,50%	-38,75%	9,51%	0,35	3,3%	2,32%	0,996%	1,33%
		0,00%		-50,00%							

## 2. Perhitungan Mitigasi Faktor Penyebab Waste “Terjadi miskomunikasi dalam perencanaan desain”

No	Mitigasi	Lokasi	Bentuk Kegiatan Mitigasi	Keterangan Biaya Mitigasi	Biaya Mitigasi	Rata-rata Biaya Mitigasi	Probabilitas Suksesnya Mitigasi	Probabilitas Gagalnya Mitigasi
1	Koordinasi rutin dengan perencana desain	Apartemen Puncak Dharmahusada	1. Mengadakan rapat rutin melibatkan subkon 1-2 kali seminggu 2. Membuat dan mengirim RFI kepada perencana	1. biaya rapat 2 kali seminggu selama 1 tahun 2. biaya ATK selama 1 tahun	0,01%	0,009%	0,85	0,875
		Apartemen Paviliun Permata 2	Mengadakan rapat rutin	biaya rapat	0,009%		0,9	0,1
2	Koordinasi dengan tim pengawas dan tim owner perihal gambar / shopdrawing dengan kondisi aktual lapangan	Apartemen Paviliun Permata 2	1. Revisi shopdrawing sesuai dengan kondisi aktual / riil lapangan kalau terjadi perbedaan antara perencanaan dengan riil lapangan 2. Site visit dengan MK/pengawas 3. Quality control	biaya revisi shopdrawing	0,009%	0,009%	0,9	0,1

No	Mitigasi	Pengurangan Nilai Dampak Setelah Mitigasi		Pengurangan Nilai Probabilitas Kejadian Penyebab Waste setelah Mitigasi		Nilai Dampak Setelah Mitigasi	Nilai Probabilitas Setelah Mitigasi	EMV Dampak Terpengaruh Mitigasi	Dampak * Prob Sukses Mitigasi (A)	Dampak * Prob Gagal Mitigasi (B)	Selisih (A) dan (B)
1	Koordinasi rutin dengan perencana desain	-80%	-80%	-80%	-80%	0,75%	0,11	0,08%	0,07%	0,01%	0,06%
		-80%	-80%	-80%	-80%						
2	Koordinasi dengan tim pengawas dan tim owner perihal gambar / shopdrawing dengan kondisi aktual lapangan	-80%		-80%		0,75%	0,11	0,08%	0,07%	0,01%	0,06%

### 3. Perhitungan Mitigasi Faktor Penyebab Waste “Material tidak dilindungi dengan benar”

No	Mitigasi	Lokasi	Bentuk Kegiatan Mitigasi	Keterangan Biaya Mitigasi	Biaya Mitigasi	Rata-rata Biaya Mitigasi	Probabilitas Suksesnya Mitigasi	Probabilitas Gagalnya Mitigasi
1	Membuat site manajemen terhadap gudang material	Apartemen Puncak	Membuat gudang material	biaya membuat gudang	0,0303%	0,0235%	0,9	0,1
		The Samator	Membuat gudang material	biaya membuat gudang	0,0073%		0,9	0,1
		Apartemen Paviliun Permata 2	Pembuatan gudang	biaya membuat gudang	0,0328%		0,95	0,05
2	Melakukan proteksi material	Apartemen Puncak	Membeli bahan untuk proteksi material	biaya material proteksi	0,0152%	0,0085%	0,9	0,1
		The Samator	Membeli bahan untuk proteksi material	biaya material proteksi	0,0018%		0,9	0,1
3	Melakukan pengawasan terhadap material	Apartemen Paviliun Permata 2	Melakukan pengawasan rutin terhadap material yang masuk dan keluar	(tidak ada)	0	0%	0,4	0,6
		The Samator	Tidak menaruh material di sembarang tempat	(tidak ada)	0		0,75	0,25

No	Mitigasi	Pengurangan Nilai Dampak Setelah Mitigasi		Pengurangan Nilai Probabilitas Kejadian Penyebab Waste setelah Mitigasi		Nilai Dampak Setelah Mitigasi	Nilai Probabilitas Setelah Mitigasi	EMV Dampak Terpengaruh Mitigasi	Dampak * Prob Sukses Mitigasi (A)	Dampak * Prob Gagal Mitigasi (B)	Selisih (A) dan (B)
1	Membuat site manajemen terhadap gudang material	-80%	-65%	-80%	-80%	1,21%	0,082	0,100%	0,091%	0,008%	0,083%
		-50%		-80%							
		-65%		-80%							
2	Melakukan proteksi material	-80%	-65%	-80%	-80%	1,21%	0,082	0,100%	0,090%	0,010%	0,080%
		-50%		-80%							
3	Melakukan pengawasan terhadap material	-50%	-50%	-80%	-80%	1,74%	0,082	0,142%	0,082%	0,060%	0,021%
		-50%		-80%							





## **Biodata Penulis**



Penulis memiliki nama lengkap Bramantya Fidiansyah Putra atau sering dipanggil Fidi. Penulis dilahirkan pada 28 Agustus 1991 di Malang, Jawa Timur. Penulis merupakan putra kedua dari empat bersaudara dari pasangan Budi Wahyu Priyono dan Erlina Mufidah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Persatuan Istri Guru Malang, SD Negeri Lowokwaru VIII Malang, SMP Negeri 5 Malang, SMA Negeri 3 Malang dan dilanjutkan dengan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Sipil pada tahun 2010 hingga 2014. Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis kemudian melanjutkan pendidikan magister di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang keahlian Manajemen Proyek Konstruksi. Penulis dapat dihubungi melalui email [bramantya.fidiansyah@gmail.com](mailto:bramantya.fidiansyah@gmail.com)

